OAK ST. HDSF

THE UNIVERSITY
OF ILLINOIS
LIBRARY
666.05
CEMA
V.3'
REMOTE STORAGE

Digitized by the Internet Archive
in 2025 with funding from
University of Illinois Urbana-Champaign Alternates

https://archive.org/details/cementcementmanu3119unse

CEMA
REMOTE STORAGE
V.3
UNIVERSITY OF ILLINOIS LIBRARY

CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE

INCORPORATING "PORTLAND CEMENT"

Published by Concrete Publications Ltd., 20, Dartmouth Street, London, S.W.1.

INDEX to VOL. III, 1930.

Page

Air-swept coal tube-mill 1078
American specification for cement 1585

AUTHORS:

Butler, D. B., A.M.Inst.C.E., F.C.S., on Cement past and present 273
Davey, N., B.Sc., A.M.Inst.C.E., on Hot cement 413
Davis, A. C., M.Inst.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S., on The rotary kiln, 277; on Waste-heat boilers, 554; on Transporting and elevating, 681; on Crushing and preliminary grinding, 813; on Power for cement works, 925; on Coal grinding, 1050; on Grinding of cement clinker, 1184; on Packing and despatch of cement 1586
Desch, C. H., F.R.S., on Setting and hardening of cements 73
Eiger, A., on The Polish cement industry ... 695
Freise, F. W., B.Sc., on The future of the cement industry in Brazil 1451
Gilbert, W., Wh.Sc., M.Inst.C.E., on The rotary kiln in cement manufacture 41, 419, 561, 699, 947, 1196, 1472
Goodyear, W., M.I.Mech.E., on Power transmission for cement works 401
Graf, O., on Essential properties of cement not yet guaranteed by the manufacturer ... 30
Grün, R., and Beckmann, H., on The behaviour of cement, aggregates and concrete at high temperatures 430
Gutteridge, H., A.M.I.Mech.E., M.I.E.I., on Electricity in Portland cement works, 1164; on The Portland cement industry in the United States, Canada and the United Kingdom 1453
Haegermann, G., on The testing of cement ... 69
Holt, H. A., on Cement "complaints" 293, 567
Honus, O. F., and Ruzicka, G., on Research on cement during 1929 ... ... 1316, 1617
Kühl, H., on The testing of cements, 31; on Cement chemistry in theory and practice 1297, 1456, 1607
Martin, G., D.Sc., on The entropy of Portland cement 678
Mehta, D. K., on The false set of Portland cement 306
Montero, J. G., on The cement industry in Spain 705
Perrin, L., on The Swiss Portland cement industry 1035
Platzmann, C. R., on The testing of cement... 673
Richarz, H., on The Faija-Dietrich apparatus 915
Ros, M., on The future Swiss specifications for Portland cement 918, 1037, 1327, 1464
Ruzicka, G., and Honus, O. F., on Research on cement during 1929 ... ... 1316, 1617
Stradling, R. E., M.C., D.Sc., Ph.D., M.Inst.C.E., on Some physical properties of hydrated cements 19
Bag-packing machine, New 577
Behaviour of cement, aggregates and concrete at high temperatures, by R. Grün and H. Beckmann 430

BOOK REVIEWS:

"Excavating Machinery," by W. Barnes, M.I.Mech.E. 313
"Guide pratique du chimiste dans l'industrie du ciment," by C. Tsountas 698
"Some Writers on Lime and Cement, from Cato to the Present Time," by C. Spackman 805

Page

Brazil, Future of the cement industry in, by F. W. Freise 1451
Carbon dioxide, Determination by Faija-Dietrich apparatus, by H. Richarz 915
Cement-carrying vessels 1047
Cement chemistry in theory and practice, by H. Kühl 1297, 1456, 1607
Cement imported into the United Kingdom ... 443
Cement industry in Japan 68
Cement industry in the United States, Canada and the United Kingdom, Comparative study of, by H. Gutteridge 1453
Cement past and present, by D. B. Butler ... 273
Chemistry in theory and practice, Cement, by H. Kühl 1297, 1456, 1607
Clinker, Grinding of cement, by A. C. Davis ... 1184
Coal grinding, by A. C. Davis 1050
Coal tube-mill, Air-swept 1078
"Complaints" regarding cement, by H. A. Holt 293, 567
Crushing and preliminary grinding in Portland cement manufacture, by A. C. Davis ... 813
Despatch of cement, Packing and, by A. C. Davis 1586
Electric drives in cement works 1073
Electricity in Portland cement works, by H. Gutteridge 1164
Elevating in cement works, Transporting and, by A. C. Davis 681
Entropy of Portland cement, by G. Martin ... 678
Essential properties of cement not yet guaranteed by the manufacturer, by O. Graf 30
Faija-Dietrich apparatus, by H. Richarz 915
False set of Portland cement, by D. K. Mehta ... 306
False setting-time of cement 573
Future of the cement industry in Brazil, by F. W. Freise 1451
German cement industry in 1929 680
German Portland Cement Manufacturers' Association 822
German standard specification for cements ... 1581
Grinding, Coal, by A. C. Davis 1050
Grinding in Portland cement manufacture, Crushing and, by A. C. Davis 813
Grinding of cement clinker, by A. C. Davis ... 1184
Hardening of cements, Setting and, by C. H. Desch 73
Hot cement, by N. Davey 413
Hydrated cements. Some physical properties of, by R. E. Stradling 19
Iron and steel in cement manufacture 1305
Japan, Cement industry in 68
Japanese Portland cement industry ... 308, 691
Jugo-Slav standard specification for cement ... 1161
Le Chatelier, Henry 3, 807
Notes from the foreign Press, abstracted by J. W. Christelow 304, 443, 574, 837, 1081, 1207, 1339, 1624
Packing and despatch of cement, by A. C. Davis 1586

PATENT APPLICATIONS:

Ball mills 839
Cements 444
Electric kilns 444
Kilns 444, 839
Mills, Ball 839
Paper bags 89, 1211
Rotary kilns 839
Physical properties of hydrated cements, Some, by R. E. Stradling 19
Polish cement industry, by Antoni Eiger 695
Polish specification for cement, New 1585
Portuguese specification for Portland cement ... 1584

769289

Page

Power for cement works, by A. C. Davis ... 925
Power transmission for cement works, by W. Goodyear 401
Research 539
Research on cement during 1929, by O. F. Honus and G. Ruzicka 1316, 1617
Rotary kiln, by A. C. Davis 277
Rotary kiln in cement manufacture, by W. Gilbert 41, 419, 561, 699, 947, 1196, 1472
Rotary slurry feeder 1463
Setting and hardening of cements, by C. H. Desch 73
Slurry feeder, Rotary 1463
Society, Proposed cement 297
Some physical properties of hydrated cements, by R. E. Stradling 19
Spanish cement industry, by J. G. Montero ... 705
Spanish specifications for cement, New 808

SPECIFICATIONS FOR CEMENT:

American 1585
German 1581
Jugo-Slav 1161
Polish 1585
Portuguese 1584
Spanish 808
Swiss, by M. Ros 918, 1037, 1327, 1464
Steel in cement manufacture, Iron and 1305
Swiss Portland cement industry, by L. Perrin ... 1035

Page

Swiss specifications for Portland cement, by M. Ros 918, 1037, 1327, 1464
Testing of cements, by H. Kühl, 3; by G. Haegermann, 69; by C. R. Platzmann ... 673
Transmission for cement works, Power, by W. Goodyear 401
Tube-mill, Air-swept coal 1078
United States Portland cement industry in 1929, The 571
Vessels, Cement-carrying 1047
Waste-heat boilers, by A. C. Davis 554

WORKS DESCRIPTIONS (Illustrated):

Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd. 6
G. & T. Earle, Ltd., Hope 55
European cement plants 90
Green Island Cement Co., Ltd. 840
" Italia " Soc. Anon. Cementi Portland Artificiale, Genoa 79
Ketton Portland Cement Co., Ltd., Ketton ... 954
Kursachen Portland Cement Co., Carsdorf ... 828
Loma-Negra S.A. Compañia Industrial Argentina, Olavarria 85
Milburn Lime and Cement Co., Ltd., Dunedin 708
Nanao Cement Co., Nanao 36
Recent cement plants 75
Republic Portland Cement Co., San Antonio ... 541
Silesian Portland Cement Industry, A.G., Groschowitz 298

Table des Matières.—Partie Français.

Page

Allemagne, L'industrie du ciment en—en 1929 ... 721
Appareils de manutention et de levage dans les cimenteries, par A. C. Davis 722
Association des fabricants de ciment Portland allemands 854
Bateaux pour le transport du ciment 1091
Brésil, Considérations financières sur la création de l'industrie du ciment au, par F. W. Freise 1487
Charbon, Tube broyeur pour, à circulation d'air 1109
Chaud, Le ciment, par N. Davey 456
Chaudières à chaleurs perdues, par A. C. Davis 597
Chimie théorique et pratique du ciment, par H. Kuhl 1341, 1493, 1636
Ciment dans le passé et dans le présent, par D. B. Butler 317
Comportement du ciment, des matières ajoutées et du béton aux températures élevées, par R. Grün et H. Beckmann 469

COLLABORATEURS:

Butler, D. B., Le ciment dans le passé et dans le présent 317
Davey, N., Le ciment chaud 456
Davis, A. C., Le four rotatif, 321; Les chaudières à chaleurs perdues, 597; Les appareils de manutention et de levage, 722; Le concassage et le broyage préparatoires, 841; L'énergie dans la fabrication du ciment, 975; La pulvérisation du charbon, 1092; La mouture du clinker, 1226; Le logement et l'expédition du ciment 1630
Desch, C. H., La prise et le durcissement des ciments 142
Eiger, A., L'industrie du ciment en Pologne ... 695
Freise, F. W., Considérations financières sur la création de l'industrie du ciment au Brésil... 1487
Gilbert, W., Le four rotatif dans la fabrication du ciment, 122, 460, 601, 733, 967, 1231, 1505
Goodyear, W., La transmission de l'énergie dans les usines de ciment 445
Graf, O., Les propriétés essentielles du ciment non encore garanties par le fabricant ... 113
Grün, R., et Beckmann, H., Le comportement du ciment, des matières ajoutées et du béton aux températures élevées 469
Gutteridge, H., L'énergie électrique dans la fabrication du ciment Portland, 1216; Etude comparative de l'industrie du ciment Portland aux Etats-Unis, au Canada, et en Angleterre 1490
Haegermann, G., Les essais de ciments ... 138
Holt, H. A., Plaintes au sujet du ciment 330, 605
Honus, O. F., et Ruzicka, G., Recherches scientifiques et techniques faites en 1929 1361, 1646
Kühl, H., Les essais sur les ciments, 114; Chimie théorique et pratique du ciment 1341, 1493, 1636
Martin, G., L'entropie du ciment Portland ... 718
Mehta, D. K., " Fausse prise " du ciment Portland 337
Montero, J. G., L'industrie du ciment en

Page

Espagne 740
Perrin, L., L'industrie suisse du ciment Portland 1085
Platzmann, C. R., L'essai du ciment 713
Richarz, H., Le dosage de l'acide carbonique a l'aide de l'appareil Faija-Dietrich 961
Ros, M., Les futures normes suisses pour les ciments Portland 964, 1087, 1373, 1502
Stradling, R. E., Quelques propriétés physiques du ciment hydraté 106
Concassage et broyage préparatoires, par A. C. Davis 841
Electrique, La commande, du matériel de cimenterie 1106
Electrique, L'énergie, dans la fabrication du ciment Portland, par H. Gutteridge 1216
Energie dans les usines de ciment, par W. Goodyear, 445; par A. C. Davis 975
Energie électrique dans la fabrication du ciment Portland, par H. Gutteridge 1216
Entropie du ciment Portland, par G. Martin ... 718
Espagne, L'industrie du ciment en, par J. G. Montero 740
Essai du ciment, par H. Kühl, 114; par G. Haegermann, 138; par C. R. Platzmann ... 713
Etats-Unis, L'industrie du ciment Portland aux, en 1929 609
Faija-Dietrich, Le dosage de l'acide carbonique a l'aide de l'appareil, par H. Richarz 961
Fausse prise du ciment Portland, par D. K. Mehta 337
Fer L'emploi du, et de l'acier dans les cimenteries 1349
Four rotatif, par A. C. Davis 321
Four rotatif dans la fabrication du ciment, par W. Gilbert ... 122, 460, 601, 733, 967, 1231, 1505
Industrie du ciment Portland aux Etats-Unis, au Canada, et en Angleterre, par H. Gutteridge ... 1490
Japonaise, L'industrie, du ciment Portland 339, 726
Le Chatelier, Henry 95, 852
Logement et expédition du ciment, par A. C. Davis 1630
Machine d'ensachage 613
Manutention, Les appareils de, et de levage dans les cimenteries, par A. C. Davis 722
Mouture du clinker de ciment, par A. C. Davis 1226

NOUVELLES NORMES:

Allemandes 1625
Américaines 1629
Espagnoles 846
Polonaises 1629
Suisses 964, 1087, 1373, 1502
Yougoslaves 1213
Plaintes au sujet du ciment, par H. A. Holt 330, 605
Pologne, L'industrie du ciment en, par Antoni Eiger 731
Prise et durcissement des ciments, par C. H. Desch 142
Prise apparente du ciment 611

Page

Propriétés essentielles du ciment non encore garanties par le fabricant, par O. Graf ... 113
Pulvérisation du charbon, par A. C. Davis ... 1092
Quelques propriétés physiques du ciment hydraté, par R. E. Stradling 106
Recherches 587
Recherches faites in 1929 sur le ciment, par O. F. Honus et G. Ruzicka 1361, 1646
Sacs en papier et l'exportation du ciment ... 1109
Transmission de l'énergie dans les usines de ciment, par W. Goodyear 445
Tube broyeur pour charbon, à circulation d'air... 1109

USINES DÉCRITES :

Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., Swanscombe 98
G. & T. Earle, Ltd., Hope, Angleterre 133
Europe, Nouvelles usines en 150
" Italia " Soc. Anon. Cementi Portland Artificiale, Gênes 145
Ketton Portland Cement Co., Ltd., Angleterre 972
Kursachsen Portland Zementwerke A.G., Ailemagne 860
Loma-Negra S.A. Compañia Industrial Argentina, Olavarria 148
Milburn Lime & Cement Co., Ltd., N.-Zélande 739
Nanao, Cie du Ciment de, Japon 120
Récentes installations à ciment 144
Republic Portland Cement Co., Etats Unis ... 589
Schlesische Portland Cement Industrie, A.G., Silésie 335

Inhalt Verzeichnis.—Deutscher Teil.

Seite

Abbinden, Fehlerhaftes— von Zement 641
Abbinden und Erhärten von Zementen von C. H. Desch 203
Abhitzekessel von A. C. Davis 627
Beanstandungen, Zement— von H. A. Holt 358, 635
Beurteilung, Zur— der Zemente von H. Kühl ... 173
Brasilien, Die Aussichten für eine wirtschaftlich vorteilhafte Zementindustrie in—, von F. W. Freise 1519
Brechen und Vormahlen bei der Herstellung von A. C. Davis 865
Deutsche, Die— Zementindustrie im Jahre 1929 ... 751
Drehofen, Der— von A. C. Davis 349
Drehofen, Der— bei der Zementherstellung von W. Gilbert 183, 492, 631, 764, 1001, 1259, 1535
Eisen, Die Verwendung von—, und Stahl bei der Zementfabrikation 1384
Elektrische Antriebe in Zementfabriken 1131
Elektrizität auf Portlandzementfabriken von H. Gutteridge 1243
Entropie, Die— des Portlandzements, von G. Martin 749
Faija-Dietrich, Der Kohlensäurebestimmungsapparat nach—, von H. Richarz 985
Falsches Abbinden von Portlandzement, von D. K. Mehta 366
Fehlerhaftes Abbinden von Zement 641
Forschung, Ein Gegenstand der—, ... 617
Heisser Zement von N. Davey 487
Industrie, Portlandzement— in den Vereinigten Staaten, Kanada und Grossbritannien von H. Gutteridge 1521
Japanische, Die— Portlandzementindustrie ... 368
Japanischen Portlandzementindustrie, Die neueste Entwicklung der— 757
Kohlenmahlung von A. C. Davis 1118
Kohlenrohrmühle mit Windsichtung 1134
Kohlensäurebestimmungsapparat nach Faija-Dietrich von H. Richarz 985
Kraft für Zementfabriken, von A. C. Davis ... 991
Kraftübertragung in Zementfabriken von W. Goodyear 477
Le Chatelier, Henry— 153, 876
Mahlen des Zementklinkers von A. C. Davis ... 1254
Packen und Verladen von Zement von A. C. Davis 1660
Papiersäcke und Zementexport 1134
Physikalische Eigenschaften, Ueber einige— von hydratisierten Zementen von R E. Stradling... 165
Polnische Zementindustrie, Die— von Antoni Eiger 761
Portlandzementindustrie, Die— in den Vereinigten Staaten, Kanada und Grossbritannien von H. Gutteridge 1521
Probenehmen von Rohmaterialen zur Zementherstellung von A. Reid-Kellett 1383
Prüfung von Portlandzement von R. H. H. Stanger 1379
Prüfungsverfahren für Zement von G. Haegermann 197
Prüfverfahren für Zement von C. R. Platzmann 743
Pumpe zum Transport von Zement 1667
Sack-Packmaschine 643
Schmierung, Die— in Zementfabriken 1525
Schweiz, Die Portlandzementindustrie, der— von L. Perrin 1111
Spanische Zementindustrie, Die— von J. G. Montero 770
Transportschiffe für Zement 1117
Transportvorrichtungen und Elevatoren in Zementfabriken von A C. Davis 752
Ueber einige physikalische Eigenschaften von hydratisierten Zementen von R. E. Stradling 165
Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten, Generalversammlung 878
Vereinigten Staaten, Die Portlandzementindustrie der— im Jahre 1929 639
Verhalten von Zement, Zuschlägen und Beton bei hohen Temperaturen von R. Grün und H. Beckmann 500
Verladen, Packen und— von Zement von A. C. Davis 1660
Wissenschaftliche und technische Zementforschung im Jahre 1929 von O. Honus und G. Ruzicka 1396, 1672
Zementbeanstandungen von H. A. Holt ... 358, 635
Zementeigenschaften, Wichtige—, für die der Zementverbraucher von Lieferer noch keine Gewährleistung erhält von O. Graf 179
Zementforschung, Wissenschaftliche und technische— im Jahre 1929 von O. Honus und G. Ruzicka 1396, 1672
Zement in Vergangenheit und Gegenwart von D. B. Butler 345

VERFASSERN :

Butler, D. B., Der Zement in Vergangenheit und Gegenwart 345
Davey, N., Heisser Zement 487
Davis, A. C., Der Drehofen, 349; Abhitzekessel, 627; Transportvorrichtungen und Elevatoren, 752; Brechen und Vormahlen bei der Herstellung, 865; Kraft für Zementfabriken, 991; Kohlenmahlung, 1118; Das Mahlen des Zementklinkers, 1254; Packen und Verladen von Zement 1660
Desch, C. H., Das Abbinden und Erhärten von Zementen 203
Eiger, A., Die polnische Zementindustrie ... 761
Freise, F. W., Die Aussichten für eine wirtschaftlich vorteilhafte Zementindustrie in Brasilien 1519
Gilbert, W., Der Drehofen bei der Zementherstellung, 183, 492, 631, 764, 1001, 1259, 1535
Goodyear, W., Kraftübertragung in Zementfabriken 477
Graf, O., Wichtige Zementeigenschaften, für die der Zementverbraucher vom Lieferer noch keine Gewährleistung erhält 179
Grün, R., und Beckmann, H., Verhalten von Zement, Zuschlägen und Beton bei hohen Temperaturen 500
Gutteridge, H., Elektrizität auf Portlandzementfabriken, 1243; Vergleichende Untersuchung der Portlandzementindustrie in den Vereinigten Staaten, Kanada und Grossbritannien 1521
Haegermann, G., Die Prüfungsverfahren für Zement 197
Holt, H. A., Zement-Beanstandungen 358, 635
Honus, O. F., und Ruzicka, G., Wissenschaftliche und technische Zementforschung im Jahre 1929 ... ... 1396, 1672
Kühl, H., Zur Beurteilung der Zemente ... 173
Martin, G., Die Entropie des Portlandzements 749
Mehta, D. K., „Falsches Abbinden" von Portlandzement 366
Montero, J. G., Die spanische Zementindustrie 770
Perrin, L., Die Portlandzementindustrie der Schweiz 1111
Platzmann, C. R., Die Prüfverfahren für Zement 743
Reid-Kellett, A., Das Probenehmen von Rohmaterialien zur Zementherstellung ... 1383
Richarz, H., Der Kohlensäurebestimmungsapparat nach Faija-Dietrich 985
Ros, M., Die zukünftigen schweizerischen Normen für Portlandzement, 988, 1113, 1408, 1532
Stanger, R. H. H., Die Prüfung von Portlandzemente 1379
Stradling, R. E., Ueber einige physikalische Eigenschaften von hydratisierten Zementen 165

Seite

NEUER ZEMENTFABRIKEN:

Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., Swanscombe 156
G. & T. Earle, Ltd., Hope, England 193
„Italia" Soc. Anon. Cementi Portland Artificiale, Genua 205
Ketton Portland Cement Co., Ltd., England ... 1006
Kursachsen Portland-Zementwerke A.G., Deutchland 884
Loma-Negra S.A., Compañia Industrial Argentina, Olavarria 209
Milburn Lime & Cement Co., Ltd., N.-Seeland 773
Nanao, Portlandzementfabrik, Japan 180
Neue Zementfabriken 204
Republic Portland Cement Co., Vereinigte Staaten 619
Schlesiche Portland-Cement-Industrie A.G., Groschowitz 364

NEUE ZEMENTNORMEN:

Amerikanische 1659
Deutsche 1655
Jugoslavische 1241
Polnische 1659
Schweizerische 988, 1113, 1408, 1532
Spanische 870

Índice.—Sección Española.

Pág

Alemana, La industria—del cemento en el año 1929 783
Algunas propiedades físicas de los cementos hidratados, por R. E. Stradling 225
Asociación de fabricantes alemanes de cemento Portland 902
Barcos para el transporte de cemento 1156
Brasil, Perspectivas para una industria cementera económicamente ventajosa en el 1549
Calderas de aprovechamiento de calor, por A. C. Davis 656
Caliente, El cemento, por N. Davey 519
Carbón, Molino tubular para, con barrido de aire 1156

COLABORADORES:

Butler, D. B., El pasado y el presente del cemento 373
Davey, N., El cemento caliente 519
Davis, A. C., El horno rotatorio, 377; Calderas de aprovechamiento de calor, 656; Transporte y elevación, 784; La trituración y molturación preliminar, 889; La energía en las fábricas de cemento, 1015; Molturación del carbon, 1143; Molturación del clinker de cemento, 1282; Envasado y despacho del cemento 1686
Desch, C. H., El fraguado y endurecimiento de los cementos 263
Eiger, A., La industria polaca del cemento ... 793
Freise, F. W., Perspectivas para una industria cementera económicamente ventajosa en el Brasil 1549
Gilbert, W., El horno rotatorio 241, 522, 660, 797, 1026, 1287, 1567
Goodyear, W., La transmisión de energía en las fábricas de cemento 509
Graf, O., Propiedades esenciales del cemento no garantizadas todavía por el fabricante ... 233
Grün, R., y Beckmann, H., Modo de conducirse del cemento, de los agregados inertes y del hormigón a elevadas temperaturas 530
Gutteridge, H., La electricidad en las fábricas de cemento Portland, 1272; Estudio comparativo de la industria del cemento Portland en los Estados Unidos, el Canadá y el Reino Unido 1551
Haegermann, G., Los métodos de ensayo del cemento 257
Holt, H. A., Quejas sobre el cemento ... 386, 664
Honus, O. F., y Ruzicka, G., Investigación científica y técnica en el año de 1929 ... 1433, 1702
Kühl, H., Sobre ensayo de cementos, 234; Química teórica y practica del cemento 1413, 1555, 1692
Margarit, A., Nuevas normas españolas para los cementos 894
Martin, G., La entropia del cemento Portland 781
Mehta, D. K., "Falso fraguado" del cemento Portland 393
Montero, J. G., La fabricación de cemento en España 912
Perrin, L., La industria suiza del cemento Portland 1137
Platzmann, C. R., Los métodos de ensayo del cemento 775
Richarz, H., El aparato Faija-Dietrich para determinar el anhidrido carbónico 1009
Ros, M., Las futuras normas suizas para el cemento Portland 1012, 1139, 1446, 1564
Stradling, R. E., Algunas propiedades físicas de los cementos hidratados 225
Electrificación de las fábricas de cemento ... 1157
Energía en las fábricas de cemento, por W. Goodyear, 509; por A. C. Davis 1015
Ensayo de cementos, por H. Kühl, 234; por G. Haegermann, 257; por C. R. Platzmann ... 775
Entropia del cemento Portland, por G. Martin... 781

Pág

Envasado y despacho del cemento, por A. C. Davis 1686
España, La fabricación de cemento en, por J. G. Montero 912
Estados Unidos, La industria del cemento Portland en los, en 1929 668
Estudio 647
Faija-Dietrich, El aparato, para determinar el anhídrido carbónico, por H. Richarz 1009
Falso fraguado del cemento Portland, por D. K. Mehta 393
Falso tiempo de fraguado del cemento 796
Fraguado y endurecimiento de los cementos, por C. H. Desch 263
Hierro y acero empleados en la fabricación del cemento 1421
Horno rotatorio, por A. C. Davis 377
Horno rotatorio en la fabricación del cemento, por W. Gilbert 241, 522, 660, 797, 1026, 1287, 1567
Industria del cemento Portland en los Estados Unidos, el Canadá y el Reino Unido, por H. Gutteridge 1551
Investigación del cemento en el año de 1929, por O. F. Honus y G. Ruzicka 1433, 1702
Japonesa, Industria, del cemento Portland, 395, 788
Le Chatelier, Henry 213, 900
Máquina para llenar sacos 670
Modo de conducirse del cemento, de los agregados inertes y del hormigón a elevadas temperaturas, por R. Grün y H. Beckmann 530
Molturación del carbón, por A. C. Davis ... 1143
Molturación del clinker de cemento, por A. C. Davis 1282

NORMAS PARA EL CEMENTO:

Alemanas 1681
Españolas 894
Norteamericanas 1685
Polacas 1685
Suizas 1012, 1139, 1446, 1564
Yugoeslavas 1269

NUEVAS FÁBRICAS:

Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., Swanscombe 216
G. & T. Earle, Ltd., Hope, Inglaterra ... 252
Fábricas de cemento recientes 265
„Italia" Soc. Anon. Cementi Portland Artificiale, Génova 266
Ketton Portland Cement Co., Ltd., Inglaterra 1031
Kursachsen Portland Zement, A.G., Alemania 908
Loma-Negra, S.A., Compañia Industrial Argentina, Olavarria 269
Milburn Lime & Cement Co., Ltd., N.-Zelanda 804
Nanao, Cia de Cemento, Japón 239
Republic Portland Cement Co., Estados Unidos 649
Schlesische Portland Cement Industrie, A.G., Silesia 391
Pasado y el presente del cemento, por D. B. Butler 373
Polaca, La industria, del cemento, por Antoni Eiger 793
Propiedades esenciales del cemento no garantizadas todavía por el fabricante, por O. Graf ... 233
Quejas sobre el cemento, por H. A. Holt 386, 664
Química teórica y práctica del cemento, por H. Kühl 1413, 1555, 1692
Sacos de papel y la exportación de cemento ... 1160
Transmisión de energía en las fábricas de cemento, por W. Goodyear 509
Transporte y la elevación en las fábricas de cemento, por A. C. Davis 784
Trituración y molturación preliminar en la fabricación del cemento Portland, por A. C. Davis 889
Tubular, Molino, para carbón con barrido de aire 1156

666.05
CEMA
V.3

UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY-CHEMISTRY

VOLUME 3. NUMBER 1. JANUARY 1930

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE

THE INTERNATIONAL FOUR-LANGUAGE CEMENT JOURNAL

MANAGING EDITOR: H. L. CHILDE. CONSULTING TECHNICAL EDITOR: S. G. S. PANISSET.

ENGLISH SECTION

PUBLISHED BY CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Published on the 20th of each Month. Price 2s. a copy. Annual Subscription 24s. post free.

PARTIE FRANÇAISE .. .. .. PAGE 93
DEUTSCHER TEIL .. .. SEITE 151
SECCIÓN ESPAÑOL .. .. .. PÁG 211

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE."

WITH the publication of CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE in four languages, in which form it is to be issued monthly in future, the cement manufacturers of the world have a medium for the interchange of information possessed by no other industry in any country.

The decision to publish this journal in four languages was reached because in the opinion of the proprietors such an international journal is really necessary for the well being of the world's cement industry. In many countries valuable research work is being carried out; new ideas in manufacturing processes are being experimented with; new types of machinery and labour-saving appliances are being adopted. Every cement

manufacturing country has something to learn from other countries. Up to the present, information on such developments has been published in the languages of those responsible for the researches or improvements and has not been readily available to manufacturers in other countries speaking different languages.

The object of Cement and Cement Manufacture is to present the views of the world's foremost authorities on every aspect of the manufacture and testing of cement in the languages of the leading cement producing countries. Thus valuable information will be available throughout the world whatever its country of origin, and it will moreover be available in four different languages. It may be said that the cement industry is in fact an international one, for not only do most cement manufacturing countries export their product to other countries, but manufacturers of cement manufacturing plant and testing apparatus carry on a world-wide trade.

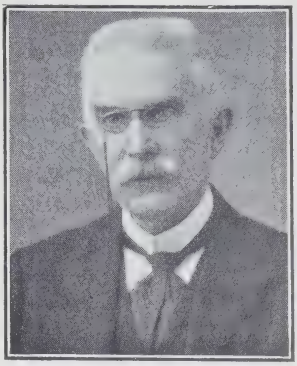
In this number we have the privilege of publishing articles from a very considerable number of the most eminent authorities on cement in Europe, the United States, and elsewhere. We hope other authorities, and younger engineers and chemists too, will send for publication any interesting views they wish to express, or articles or notes on new developments that may be of service to their fellow workers throughout the world. Liberal payment is made for all such contributions. In this way the cement industries of the world will be cemented together by a common bond of goodwill; workers in one country will become known to those in other countries; the progress of the industry will be helped by the interchange of views and experience; and a mutual goodwill and trust established that should do their part in preserving the peace of the world.

Articles Held Over.

Owing to the great volume of articles and illustrations received for this number, it has been necessary to hold some of it over until the February issue in order to avoid making the January number too bulky and unwieldy. The articles held over include some of very great interest to the cement industry.

"At my age one begins to have the right to take a little rest. The young engineers and chemists of to-day should consider it their duty to undertake research work and make their results known the world over, as I in my time have done."

H. Le Chatelier



A Message from Henry Le Chatelier.

On the occasion of the publication of the first number of the first International Cement Journal, we are particularly glad to be able to publish the above message of encouragement from one of the most energetic pioneers of science as applied to industry the world has ever known.

Henry Le Chatelier comes of a family well known for its scientific attainments: his own career has been one of labour and sacrifice, and honours have deservedly fallen to him.

In 1877, at the early age of twenty-seven, he was elected Professor of Chemical Industry at the Paris School of Mines, having already spent six years at the École Polytechnique in research and served on a geological commission to Southern Algeria.

In 1888 he was elected Professor at the Collège de France, and then followed a period of intense activity. He had already published a treatise on industrial heating and he then found time to write a thesis on "Carbon, Silica and Silicates." His work at this time, however, is even more noted for his brilliant inventions. The Saladin-Le Chatelier galvanometer is familiar to most chemists, while his thermo-electric and optical pyrometers are indispensable for the measurement of high temperatures.

But not only with his pyrometrical investigations has Le Chatelier aided the cement industry. His apparatus for ascertaining the soundness of cement and for determining its specific gravity are still in constant use throughout the world, while his theories on the essential chemical structure of Portland cement are notable for their originality and are still the subject of discussion amongst cement research workers.

In 1892 Le Chatelier was awarded the Jerome Ponti Prize, and in 1895 the La Caze Prize, while in 1911 he obtained the Bessemer Medal. The Iron and Steel Institute (England) elected him to its membership in 1904, and the Académie des Sciences followed suit in 1908.

The services he rendered during the Great War by his researches on explosives and metals were very considerable, and to-day he wears the ribbon of Commander of the Legion of Honour.

Possibly the triumph of his career came in 1922 when his fifty years of scientific work were recognised by the presentation of a gold plaque and 100,000 fr. The sum of money was at his express wish handed over to the Académie des Sciences to found a scholarship.

Now in his eightieth year, Henry Le Chatelier has had to relinquish to a large extent his energetic career. The younger generation of cement engineers and chemists has Le Chatelier as an example of what one man can do to benefit an important industry. It is to be hoped they will take heart from his message printed above: the pages of International Cement and Cement Manufacture are open to them to make the results of their research work available to fellow workers throughout the world.

A Message from . . .

P. MALCOLM STEWART

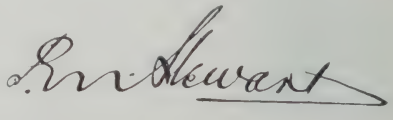
Chairman of
THE CEMENT MAKERS' FEDERATION,
THE ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.,
THE BRITISH PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.

I CORDIALLY welcome this the first INTERNATIONAL CEMENT JOURNAL, as I believe it will be the means of furthering the world-wide interest in Portland cement and will prove the touchstone for the creation of a friendly atmosphere throughout the cement industry of the world in which the many problems relating to the manufacture or uses of Portland cement can be discussed.

The publishers of CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE have undertaken a difficult task in producing a technical journal of this description in four languages, and are to be congratulated on their enterprise. Its worth to the industry cannot be estimated. Already in this first number it has brought together the opinions of leading authorities throughout the world on matters of vital interest, published in English, French, German and Spanish, so that readers in all the leading cement manufacturing countries may profit from this valuable information printed in their own language. The cement industry now has an asset possessed by no other industry. It has a medium for interchanging opinions in different languages, and it is to be hoped that research workers will take full advantage of the pages of this journal for disseminating information to their fellow workers the world over.

The future of the Portland cement industry is assured by the wide endowment of the necessary raw materials, and by the high technical efficiency of those engaged in research and the control of manufacture. Increased concentration on the applications of cement is required; as its manifold uses extend, confidence in concrete will grow. This journal, by increasing the common fund of knowledge, will secure the advance of concrete as a civilizing agent and hasten the advent of the Concrete Age.

This first number will, I trust, be accepted not only as an invitation to all to co-operate in our common interests, but as a message of peace and goodwill, which cement industrialists should seek to establish by getting into contact with one another through the pages of CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE.



A NOTE FROM

G. F. EARLE

(Managing Director of G. & T. Earle, Ltd.)

Not many years ago cement makers, in common with manufacturers in many other trades, took great care to prevent other makers from knowing anything of their works, while it was a very rare thing to allow another maker to go round a works. These narrow-minded times are now fortunately but a memory, and the present attitude is that although makers may be in keen competition in the sales field they do all they can to help a fellow manufacturer in works matters.

The reason for this change in attitude is no doubt a realisation that each manufacturer has a responsibility to the industry as a whole. The old attitude of one maker rejoicing if he heard that another maker was in trouble with the quality of his product, has now disappeared; such things are heard of with sorrow, because it is realised that the trade as a whole would suffer.

The exchange of works information with makers in other countries has also become frequent and very helpful. There is, however, scope for greater co-operation, and I believe that this first International Cement Journal will help to bring all manufacturers closer together and so benefit the trade throughout the world as well as each individual maker.

I am sure that your new venture will be welcomed by all manufacturers, and will receive their full support; if this Company can assist in any way it will be a pleasure for us to do so.

From Robert W. Lesley.

First President of the American Portland Cement Association.

Were it not for the fact that, owing to business pressure, I have but little available time before the first issue of International "Cement and Cement Manufacture" comes out, it would have been a great pleasure to be sending you a contribution to-day. This is impossible, however.

Hence I can only send you my sincere congratulations on the brilliant idea of an International Cement Journal and my heartfelt wishes for its success.

In these days of quick-changing thought, a plastic building material such as cement fits the period, and it has a well-deserved international reputation for strength and permanence.

As a pioneer with Saylor in the development of our American Portland cement industry I have seen the output grow from 42,000 barrels in 1880 to 176,000,000 barrels in 1928, and I promise you an article on this subject for a later number of the Journal.

The Swanscombe Works of the Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.

About a hundred years ago a factory was established at Swanscombe, Kent, for the manufacture of Frost's cement, one of several cements of similar character which were approximately contemporary with Aspdin's Portland cement. This factory had on its staff in the early days the late I. C. Johnson, one of the pioneers in the development of Portland cement, and it has kept in the forefront of progress in cement manufacture throughout its century of existence. The factory was in the possession of the White family for very many years until the formation of the Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., in 1900. Some of the earliest rotary kilns erected at cement

Fig. 1.—General View of Works.

works in Europe were put in at Swanscombe, sixteen kilns 60 ft. long being in process of erection in 1900. These units were afterwards lengthened to 130 ft., and other alterations and improvements introduced from time to time as the technique of their use was developed.

With the accelerated progress made in rotary-kiln design during recent years, however, it became clear that the Swanscombe kilns, with their numerous alterations and additions, had served their useful life. It was therefore decided to scrap them entirely and build new rotary kilns of the very latest design, and at the same time to reconstruct and modernise the whole factory to give an output of about 400,000 tons of cement per annum, of the very highest quality, including the well-known " Ferrocrete " rapid-hardening Portland cement.

In this reconstruction work difficulty was occasioned by the fact that the site was very limited and the works had to be kept running. A considerable amount of clearing had to be done, and the necessity for continuing manufacture in-

volved delays and temporary expedients in order to prevent the stoppage of essential portions of the plant. The work was, however, facilitated by the fact that no power plant was required, the necessary electric power being taken from the County of London Company's generating station at Barking.

Raw Materials.

Ample supplies of chalk and clay are available to supply the output named for very many years.

Dealing first with the clay, a deposit about a mile from the plant is now being worked. This is washed in the pit and pumped to the works in the form of slurry, and discharged into storage and mixing tanks. This clay slurry is fed to the main washmills in the correct proportion by means of a large elevator

Fig. 2.—Electric Navvy.

60 ft. long, with a rubber belt 30 in. wide, and fitted with two lines of buckets. The motor driving this elevator is controlled by a special electrical timing device in such a way that when the operator at the washmill pushes a button to start the hoist-tippler handling the chalk (referred to later) the same movement also starts the clay elevator and allows it to run for a pre-determined period, after which it automatically stops and remains so until the operator again pushes the button. Arrangements are, of course, included so that when necessary clay can be added independently of the operation of the chalk-tippler, and similarly the tippler can be worked, if necessary, without any clay being delivered.

Washmills.

The chalk was formerly brought to the washmills in 3-ton tippler-trucks running on 3 ft. gauge track with outside flanges, and it was decided to substitute standard-gauge trucks and track and to make arrangements for 10 to 12

tons of chalk to be tipped direct to the washmill at one time, and for at least 120 tons of chalk to be washed per hour.

Two new heavy preliminary washmills are each 30 ft. diameter revolving at 11 r.p.m. and driven by a 250-H.P motor through a totally-enclosed spur reduction gear which gives a speed reduction from 730 to 95 r.p.m. on the line shaft. These roughing-mills are each fitted with heavy cast-steel gratings, and are built on piers so that when they are washed out the flints can be swept through a hole in the bottom of the mill direct into railway trucks. A special slow-motion gear is fitted to the mill motor to enable this sweeping operation to be satisfactorily performed. One of the mills maintains the full output, so that the other may be stood by for cleaning and repairs. Owing to the site arrangements it was im-

Fig. 3.—General View of Washmills.

possible to tip the chalk trucks to these mills without first elevating them, and for this purpose a hoist-tippler was installed. This tippler lifts the trucks 23 ft., and is arranged so that by means of a heavy steel change-over flap it can deliver to either mill.

The slurry flows by gravity to either of two intermediate mills, but from the intermediate mills a slurry-wheel distributes the slurry equally over the finishing mills. This slurry wheel is 24-ft. diameter, and is fitted with two lines of buckets to enable it to deal with the full capacity of the mill. The two lines of mills each consist of one intermediate mill 20 ft. diameter with a speed of 23 r.p.m. and fitted with perforated plates, followed (after the elevator) by three 20-ft. diameter finishing mills running at 25½ r.p.m. and fitted with finer perforated plates. Arrangements have been made for continually extracting, elevating, and wash-

ing the fine flint grit from the intermediate and finishing mills in spiral conveyor washers.

Each line of mills is driven by a 400-H.P. motor through totally-enclosed spur reduction gearing, giving a ratio of 485 down to 70 r.p.m. Each line has its own pump-house containing three sets of 12 in. by 15 in. plunger pumps, which are each direct-coupled through a worm-reduction gear to a 20-H.P. motor, the speed of the pumps being 9.5 revolutions per minute. These pumps work at a pressure of from 60 to 80 lbs. per sq. in. and deliver the slurry to four reinforced concrete air-agitated correction tanks, each 17 ft. diameter and 30 ft. deep and each capable of holding 6,500 cu. ft. of slurry. An air-blowing system is installed, and when working according to the original design a complete cycle of operations takes about 2½ hours, so that on this basis each tank is in the mixing period for just over half an hour, during which time it is " blown " six times consecutively (each " blow " lasting about 15 seconds). With this system of blowing, the size of the receiver is important, as it is " blown " empty each time, and the pressure at which the " blow " takes place is governed by the height of the slurry in the tank.

This arrangement is advantageous when the tanks are used for storage, but at Swanscombe they are only used for adjusting purposes and in order to make sure that the slurry is correct before it enters the main mixers. It has, therefore, been found more convenient to give each tank four or five consecutive " blows " as soon as it has been filled from the washmill so as to ensure thorough mixing of the slurry before it is passed to the storage mixers. These consist of one rectangular tank 250 ft. by 66 ft. fitted with travelling mechanical stirrers, and four circular tanks 66 ft. diameter; the latter fitted with air agitating jets. This has given entire satisfaction.

The pump-houses for the mixers have been reconstructed and the pumps grouped into two separate houses, one group drawing from the rectangular mixer and one from the four circular mixers. Each pump-house contains three standard 12 in. by 15 in. slurry pumps directly-coupled through worm gear to 10-H.P. motors which pump direct to the kiln back-ends.

Rotary Kilns.

The rotary kilns, three in number, have a capacity of 16 tons each per hour. They are 403 ft. long, the burning zone being 11 ft. 3 in. diameter by 127 ft. long, and the remainder of the kiln 9 ft. 4 in. diameter. Each kiln is mounted on seven sets of roller rings and bearings, the ring at the firing end being 25½ in. wide and the others 15½ in.; they are all 6 in. thick. The rollers vary in diameter from 3 ft. 3 in. to 3 ft. 11 in.

The main driving spur-rim is 17 ft. 9 in. diameter, and gears with a 19-tooth pinion to which is coupled a further machine-cut spur reduction of 3.3 to 1 ratio. The remainder of the gear reduction is by means of a totally-enclosed gear which at the high-speed end is direct-coupled to a 120-H.P. variable-speed A.C. motor. The total speed ratio is 1 to 777.25, and is arranged to give a kiln speed of from 0.28 revolutions to 0.84 revolutions per minute.

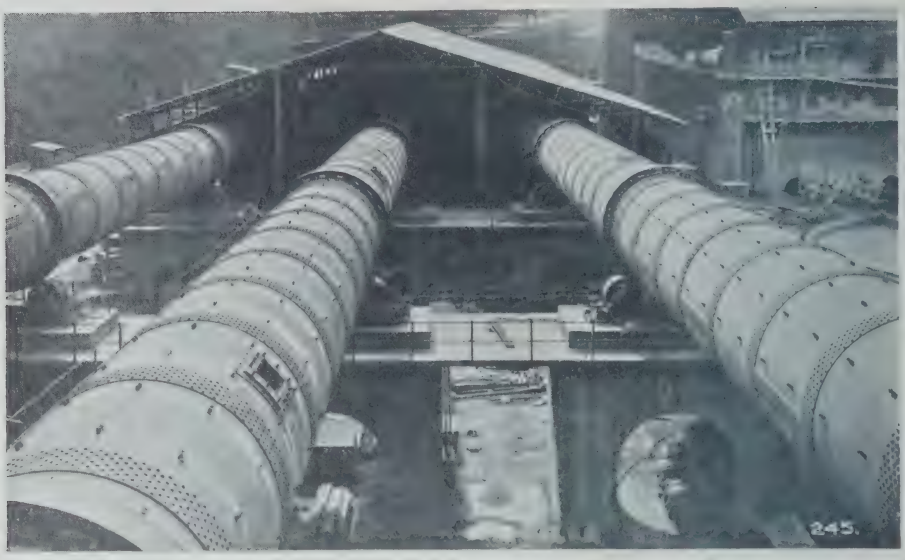


Fig. 4.—Kilns from Slurry End.

Fig. 5.—Rotary Kilns, Firing End.

The feed of slurry to the kilns is controlled by a " spoon-feed " gear coupled through totally-enclosed worm reduction to a 5-H.P. variable-speed D.C. motor.

The coolers are of the " integral " type fitted around the firing end, and consist of twelve tubes per kiln, each 19 ft. 6 in. long by 3 ft. 11 in. diameter. About one-quarter of the length of each cooler, at the hot end, is brick lined, the remainder being fitted with chains.

All three kilns are coupled through fans and by-passes to one reinforced-concrete chimney 250 ft. high. The induced-draught fans are capable of handling 6,000,000 cu. ft. of gas, each with a water gauge of 3 in.

Coal Firing Arrangements.

Unit coal pulverizers of the ring-roll type with classifiers are installed, each being capable of grinding up to six tons of coal per hour. Owing to the very high suction which the system of classification requires, combined with the high air velocity required in the burner pipe with this type of kiln and cooler, the fan installed for this purpose is of special construction. In addition to the main fan, which can give an air pressure of 10 in. in the delivery pipe, a booster fan has also been provided.

The feed from the hoppers, each of which has a capacity of 90 tons, is by a cubimeter, with which has been incorporated a drum-type magnetic separator to ensure that all tramp iron is removed.

The main coal supply comes by water to the wharf, and in order to handle this a 5-ton electric crane has been installed capable of unloading coal from steamers at the rate of 100 tons per hour to a hopper mounted on travelling wheels, which in turn delivers to a bi-cable ropeway, also of a capacity of 100 tons per hour. This ropeway is 3,500 ft. long and delivers the coal either direct to steel bunkers over the mills or into a reserve store at ground level.

For handling the coal from the reserve store to the overhead hoppers, a $3\frac{1}{2}$-ton travelling crane with a 35-cwt. grab has been installed, which can run the full length of the store and also over the pulverizer hoppers. The runway for this crane has also been extended so that coal can be grabbed straight from railway trucks and delivered to the hoppers. Advantage has been taken of the ropeway to provide for handling the gypsum to store; arrangements are also installed for feeding this gypsum direct to the tail ends of the clinker band-conveyors.

The clinker from the coolers is elevated and conveyed to the clinker hoppers entirely by troughed band-conveyors. These conveyors are in duplicate throughout, and are each 24 in. wide running about 250 ft. per minute. There are first a pair of level conveyors running underneath the coolers delivering to two pairs of inclined bands in series, which take the material to the top of the clinker hopper and then deliver through cubimeters on to a pair of shuttle conveyors each 115 ft. long which can be arranged to fill any portion of the clinker hoppers. This arrangement dispenses entirely with elevators for handling the

clinker. The clinker hoppers, two in number, are of reinforced concrete, and each has a capacity of 1,400 tons; the hoppers are at such an elevation that the clinker can be delivered direct through table feed-gears to the ball-mills. The grinding-mill consists of 14 sets of ball-mills and tube-mills, the ball-mills being supported by a steel and concrete platform at such an elevation that the grit can be delivered through a short screw straight to the tube mills. Each ball-mill and tube-mill is an independent unit driven by a 250-H.P. motor through totally-enclosed spur-reduction gearing. The spur-rim on the mill itself is also machine-cut and totally enclosed. All the motors and gears for these mills are contained in two separate rooms underneath the clinker hoppers. These motor rooms are ventilated and cooled by air washers working on the " plenum " system. The

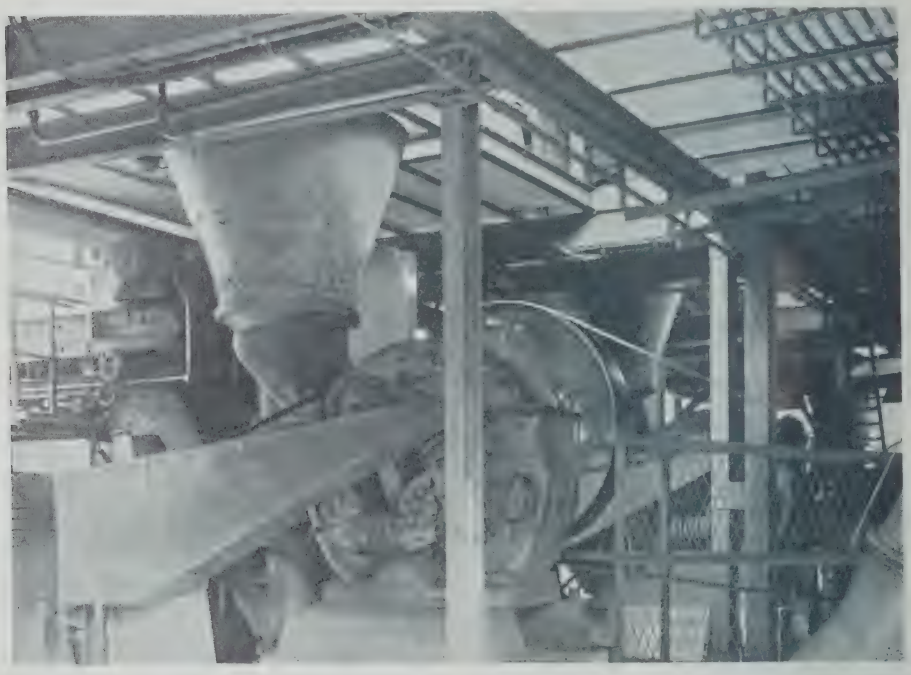


Fig. 6.—Rema Coal Mill.

mills deliver to duplicate 18-in. spiral conveyors placed flush with the floor, which in turn deliver to a group of four elevators in the centre of the building. Any two of these elevators are capable of taking the full output of the mill, namely, about 100 tons per hour.

The ball-mills are ventilated first to the enclosed space over the clinker hoppers so as to settle the major proportion of the dust, and thence through the roof to the atmosphere. The tube mills and all the cement conveyors are ventilated by two cyclone bag-filter combinations. The whole of the system, including pipes, cyclone, filter, etc., is wrapped with felt, and so far has given complete satisfaction.

Fig. 7.—First Half of Clinker Hopper.

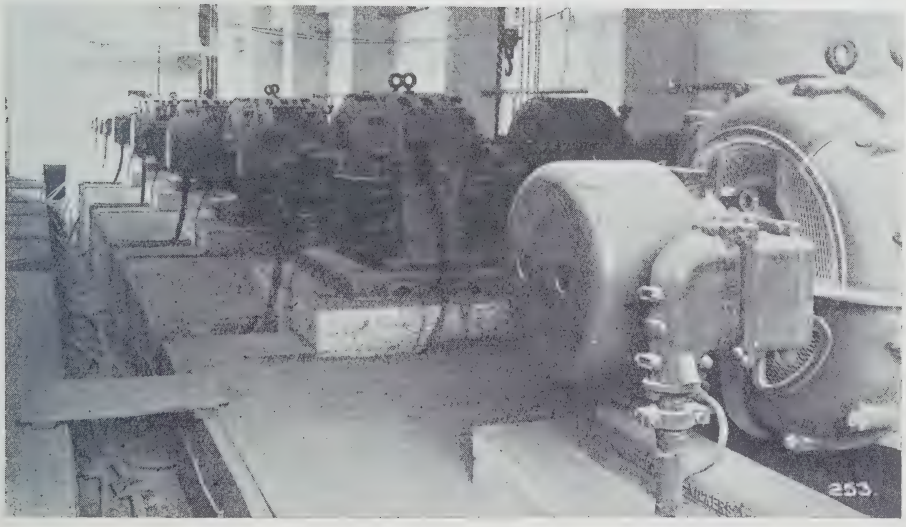


Fig. 8.—Grinding Mill Motors.

The cement is stored in warehouses which occupy an area of 37,200 sq. ft. and are capable of holding 20,000 tons of cement. The elevators mentioned in connection with the grinding-mill deliver the cement to duplicate band-conveyors which carry straight across the centre of the warehouse and in turn deliver to four similar conveyors running over the centre of the bins. The delivery from these bands to the bins is by means of throw-off carriages.

The bins, which are 68 ft. long, are arranged in two parallel rows with a 24-ft. space up the centre, which has a ground-screw on each side flush with the floor and just clear of the bin doors. A set of rails runs down the centre of the space, on which four sets of electrically-driven haulage gears, each with a 20-H.P. motor, can move for operating the drag scrapers by which the bins are emptied

Fig. 9.—Tube Mills.

into the ground screws. These in turn deliver to a system of inclined band-conveyors and screw-conveyors delivering to hoppers over the packing machines. All these conveyors are direct-coupled through worm-reduction-gears to independent motors.

Three lines of rails run parallel with the warehouse just outside the bin walls, and the packing plants are arranged on each side of these rails—bag packing on one side and cask and drum packing on the other.

The bag-packing plant consists of four two-spout machines fed from a 50-ton overhead hopper by means of an extracting-screw and circulating-elevator, thus securing a regular feed to the machines. The circulating elevator also deals with the spill. The packing machines are fitted with dust-collecting plant. After discharge from the filling machine the bags drop on to a short wire-belt conveyor, which in turn delivers them to a turntable 17 ft. diameter. Five loading

points are brought successively under the end of conveyors, thereby reducing to a minimum the labour of stacking on the slings. From these turntables the cement is loaded on to trucks for transport to the wharf in heaps of 30 cwts. in slings by overhead cranes. Further rotation of the turntables brings the stacks round underneath two 30-cwt. overhead electric cranes. These are arranged so that they span the outer half of the turntable, and also the nearest line of rails, and the stacks of bags with sling complete are lifted from the turntable direct on the trucks. The trucks are standard gauge with a special flat platform, and are capable of carrying up to 15 tons of cement per truck.

In the cask and drum-packing plant the chief feature is six groups of mechanical jarring machines. Each pair of machines is fed by an overhead dial weighing machine, the platform of which carries a small hopper of about 5-cwts. capacity fitted with a gate-valve at the bottom. The supply of cement to each group—consisting of six machines—is from a hopper underneath one of the previously-mentioned screw conveyors, and is controlled by a pair of flow-and-return screws, each flow screw being fitted with three outlets and gate valves delivering to the hoppers on the weighing machines. The casks or drums after packing are lifted by similar cranes to those used for the bags and deposited on platform trucks for transport to the wharf.

Wharf.

The works are situated some distance from the river, and the loaded cement is transported to the wharf in train loads of about 200 tons. A reinforced-concrete jetty was constructed at this works over twenty years ago and is still in excellent condition. It was, however, inadequate for the duty now required. A new reinforced-concrete approach 128 ft. by 34 ft. has therefore been built; the original structure has also been strengthened and lengthened from 258 ft. to 468 ft., the extended portion being 54 ft. 9 in. wide so as to accommodate three lines of rails with two lines of track to carry portal-type cranes. The older portion of the pier is only 40 ft. wide, so that it will accommodate only two lines of rails and one line of crane track.

Two electric cranes have been installed, each of 30-cwt. capacity and capable of loading at the rate of 80 to 100 tons per hour. The depth of the water available at low-water spring tides will be 23 ft. The old coal wharf, which is 500 ft. long, has also been remodelled and deepened, and, as previously mentioned, a 5-ton portal electric crane has been installed for handling coal and gypsum on to the ropeway.

Electrical Plant.

As stated earlier, the whole of the power used on the works is purchased. The additional supplies required in connection with the reorganisation necessitated an extension of the sub-station in order to provide for the total load of 5,000 K.W. now required. The Supply Company's transmission system operates at 33,000 volts and the reduction to 3,000 volts—at which the supply is taken—is by transformers in the Power Company's sub-station on the works.

The works' installation commences at the 3,000 K.V. switchgear controlling the supply to the factory. This is an eight-panel switchboard built up of air-

insulated truck-type units. This switchgear is housed in a switchroom adjacent to the Supply Company's 3-K.V. switches, and so arranged that the bus-bars of the two equipments are in line so that with this arrangement the bus-bars are continuous for the two switchboards whilst each is separately housed. The feeder panels in the sub-station control seven radial feeders so interconnected that a duplicate 3,000-volt supply is delivered to six local sub-stations.

The outputs of the motors vary from 400 H.P. to $\frac{1}{2}$ H.P., and, with the exception of the 500-volts 120/40-H.P. variable-speed A.C. commutator driving the kiln motors, 3,000 volts are used direct on motors of 100-H.P. and above and 500-volts (obtained through 3,000/500 transformers) on motors below this power. Lighting is carried out at 110-volts, 3-phase, obtained through transformers at each sub-station.

Fig 10.—Tube Mills.

Each of the sub-stations is equipped with the necessary switchgear and transformers to give the power and lighting requirements of its own section of the factory. This lay-out permits of the isolation of the supply to any section without interfering with others, and facilitates the obtaining of power consumption and costs of each manufacturing process. The sub-stations are designed on the same lines, the type of equipment in each being identical. The largest is the grinding mill and packing plant sub-station which is equipped with a 3,000-volt truck-type switchboard, a 500-volt ironclad switchboard of the draw-out type, and the necessary transformers. Space available for the site of this and other sub-stations was limited, and the transformers are mounted on the roof of the sub-station, which is a reinforced concrete building built on the grinding mill.

All motors are of the enclosed protected type, the large motors down to 100 H.P. being 3,000-volt slip-ring machines of standard design controlled by truck cubicles and heavily rated liquid starters. Motors under 100 H.P. are 500-volt end-shield roller and ball-bearing machines of special enclosure, with all ventilating openings on the vertical, and fitted with fans passing a high-velocity cooling air through the windings and cores; the effect of the enclosure and the ventilating system is to prevent the settlement of dust in motors in atmospheres laden with cement-dust. Motors from 100 H.P. down to 30 H.P. are of slip-ring type controlled by floor-mounted oil-immersed stator switches with separate heavily-rated oil-immersed face-plate starters, oil switch and

Fig. 11.—Bates Packing Plant Turntable.

starter being assembled as one unit. Seventy per cent. of the 500-volt motors are under 30 H.P. and are high-torque squirrel-cage machines controlled by oil-immersed starters of either the squirrel-cage or direct-switching type. High-torque squirrel-cage motors were limited to 30 H.P. on account of the large starting currents involved above this power; disturbing line voltage, and increasing the cost of control gear beyond an economical figure.

All motors and control gear are of simple and robust construction, designed for continuous duty. The type and sizes of control gear and outputs and speeds

of motors have been standardised as far as possible, and all similar equipments are mechanically and electrically interchangeable, resulting in spares and spare parts being reduced to a minimum.

Final distribution to each 500-volt motor is made from a separate way on a distribution-board fitted with fuses of 50,000 K.V.A. rupturing capacity, which give instantaneous interruption of a circuit under short circuit. The fuses fully protect control gear on large power circuits, and the separate fuse-links efficiently permit of the ready isolation of each motor circuit for inspection or repair.

Distribution on main 3,000-volt and 500-volt circuits is carried out by means of 3-core P.I.L.C.A.-served cables laid direct between sub-station and buildings and in cable racks or cable trenches under cover. From distribution boards to motor starters, and from starters to motors, 3-core V.I.R. armoured and served cable is used, while all lighting is carried out with V.I.R. in galvanised conduit with heavy galvanised fittings. All cables and apparatus are securely bonded, and the electrical installation is iron-clad throughout and efficiently earthed to duplicate earth-plates at each sub-station.

Communication is provided between all parts of the works by a 70-line automatic telephone installation housed with batteries in duplicate and charging set in the main sub-station. An emergency lighting supply for the main sub-station and the indicating lamps on the Supply Company's switchgear are obtained from the telephone batteries in the event of failure of the 33 KV supply.

The rotary kilns are by F. L. Smidth & Co., Ltd.; cables by W. T. Henley's Telegraph Works Co., Ltd.; coal grinding plant by British Rema Manufacturing Co., Ltd.; aerial ropeway by British Ropeway Engineering Co., Ltd.; clay excavator by Priestman Bros., Ltd.; wagon tippler-hoist by Mitchell Conveyor and Transporter Co., Ltd.; electric cranes by Stothert & Pitt, Ltd.; regulating valves by G. Polysius A.G.; fans by Sturtevant Engineering Co., Ltd.; weighing machines by W. & T. Avery, Ltd.; locomotives by Hawthorn, Leslie & Co., Ltd.; electrical equipment by Metropolitan-Vickers Electrical Co., Ltd., and the English Electric Co., Ltd.; switchgear by A. Reyrolle & Co., Ltd.; cement cooler by Vickers-Armstrongs, Ltd.; reduction gears by H. Wallwork & Co., Ltd., and the Power Plant Co., Ltd.; band conveyors by Fraser & Chalmers, Ltd.; Bates sack-filling machines.

Belgium and Tariffs Abroad.

Belgian cement manufacturers at a meeting recently held in Brussels passed the following resolution, which has been sent to the Government: "Cement manufacturers request the Government to protest against the adoption of the customs measures proposed by the United States. They ask the Government to consider an agreement with other European countries with a view to protecting their interests and to suppress the clause of the 'most favoured nation' from economic agreements in order to have their hands free for taking the necessary measures to protect their industry."

Some Physical Properties of Hydrated Cements.

By R. E. STRADLING, M.C., D.Sc., Ph.D., M.Inst.C.E.
(Director of Building Research.)

As mentioned in various reports issued from the Building Research Station (England), work has been in progress for some time to endeavour to elucidate some of the phenomena associated with the " gel " materials used in building practice. One of the most important of this group of materials is Portland cement, and it may be of interest to attempt at this stage a brief picture of what, in the writer's opinion, seems to be the direction in which the work of the Station is pointing, especially with reference to cement and concrete work.

In the Report* of the Building Research Board for the period ended December 31, 1926, a classification of building materials was suggested, and special stress was laid on the need for more information on the group of materials termed " quasi-solids," or " gels." The work of the past two years has emphasised how urgent this need is, and how little is really known on the subject. The main mechanical properties of a gel material which distinguishes it from that of a crystalline aggregation are that the volume changes when the moisture-content changes, and that this change in volume is accompanied by a variation in strength and an alteration in the value of the stress/strain ratio. In so far as building materials show this behaviour the term " gel " has been used, without any intention of specifying a definite capillary structure. The volume changes are undoubtedly the cause of crazing and cracking of concrete and cement renderings, yet they are not sufficiently understood to be safeguarded against in practice.

Recent work published in the United States of America and Germany shows that the problem of gel structure is being more and more appreciated. There the work in question is chiefly concerned with movements which occur when set cements are wetted and dried. The movements reported are all of the same order as those obtained at the Building Research Station. During the past year various sections of the Station have been working upon the properties of these gel materials, with special reference to cements of the Portland type. In reviewing their work it seems possible to offer a tentative explanation of some of the phenomena associated with the setting and hardening processes. This explanation is more of the nature of a working hypothesis than a demonstrated proof; but, even at the risk of being premature, it appears worth while to try to appreciate the significance of the mass of data collected in the Station.

In Fig. 1 curves are given showing the expansion with time which takes place when previously dried specimens of various building materials are immersed in water. Different materials expand by different amounts, and the final movement seems to depend upon two factors, both of which are of great practical import-

* *e.g.* pages 10-12, 43-48.

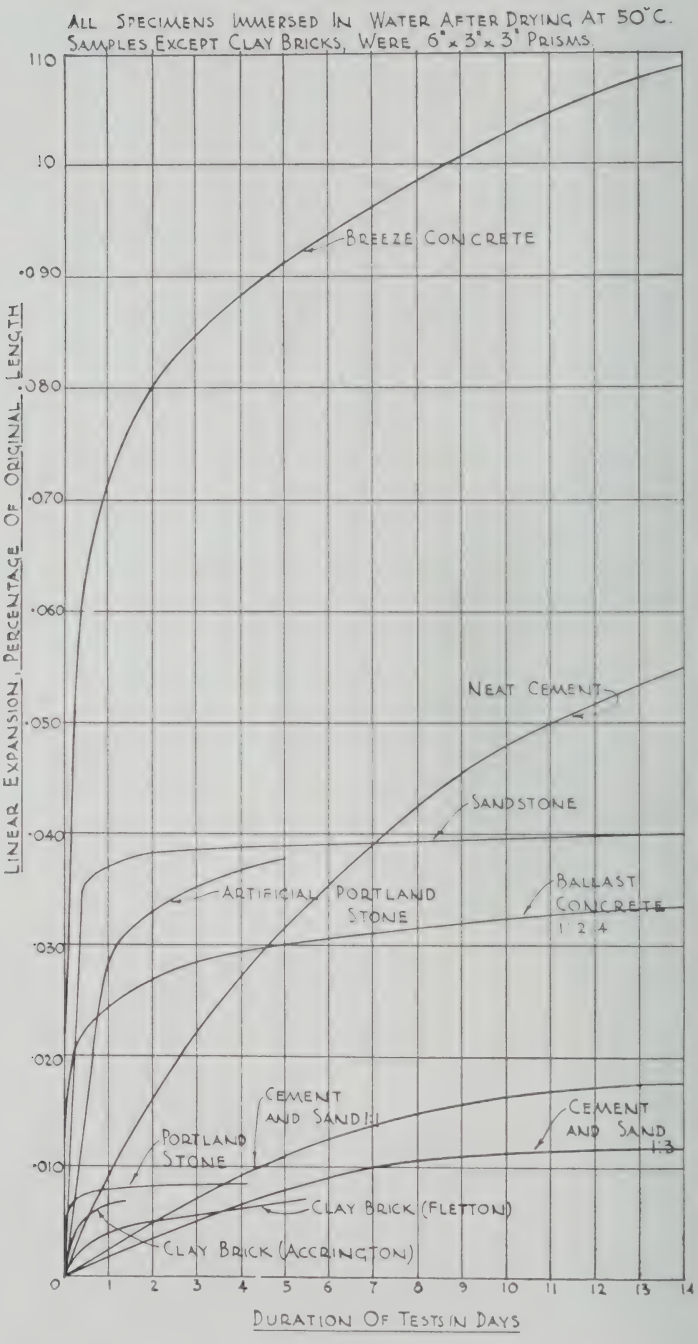


Fig. 1.—Moisture Expansion of some Building Materials.

ance. These factors are (1) amount of swelling material present, and (2) ease of penetration of water.

Compare, for example, the case of neat cement and breeze concrete. There must be far more potential gel material present in the neat cement than in the concrete, yet the movement of the latter is much greater than that of the former. The breeze in question is quite sound, and is not one of those showing a large moisture expansion in itself. The explanation for the apparent anomaly is that the breeze concrete is very permeable so that the water is able to reach the cement more easily.

This is indicated even more clearly in Figs. 3 to 8, which show the movements of cement specimens of various thicknesses when stored in air and in water. It

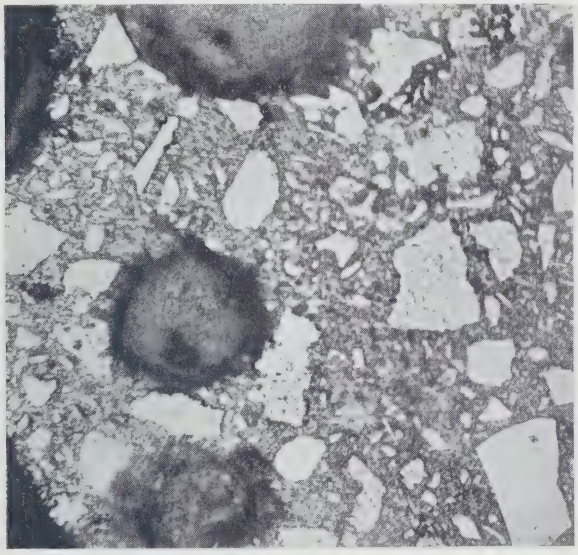


Fig. 2.—Polished and Etched Surface of Portland Cement (magnified 90 diameters).

will be noted that in each case the thinner the specimen the greater is the movement whether water tries to come out, as in air storage, or to go in as in water storage. Considerable resistance is offered by the semi-impermeable nature of the hydrated cement. The actual movement measured on such specimens is really the sum of the effects of the moisture movement of the outer skin and the strain of the core. Thus, if water is entering, the outer skin expands and is restrained by the (drier) inner core; and when the specimen is drying, the outer skin contracts and is again restrained by the (wetter) inner core.

It is obvious that if the gel material can be reached by water then the richer the specimen is in cement the greater must the movement be. But in practice, although the amount of cement present must ultimately make some difference when specimens are stored for long periods in dry or wet conditions, yet the

EXPANSION OF NEAT CEMENT SPECIMENS OF VARIOUS THICKNESSES, STORED IN WATER.

1. MEASUREMENTS TAKEN FROM 2 DAYS
2. SPECIMENS 1/8", 1/2" OR 2" THICK AND 4" LONG x 2" WIDE.

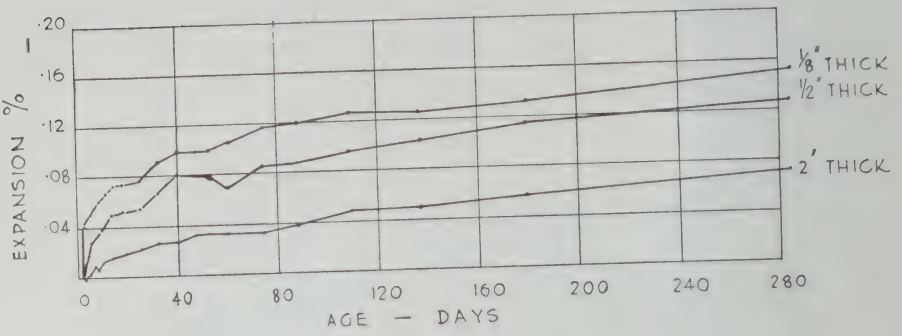


FIG. 3 — NORMAL PORTLAND CEMENT.

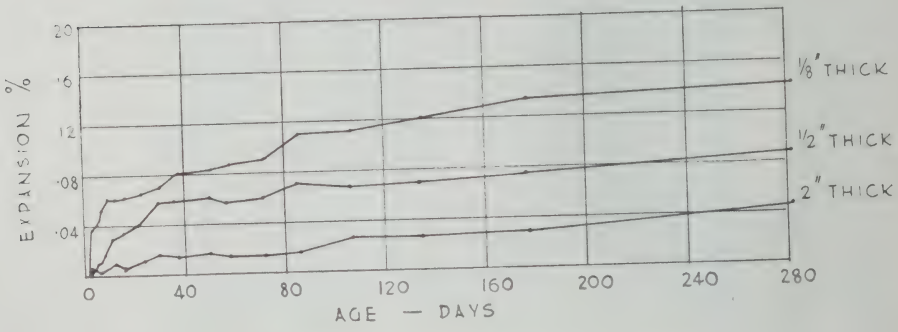


FIG 4 — RAPID HARDENING PORTLAND CEMENT

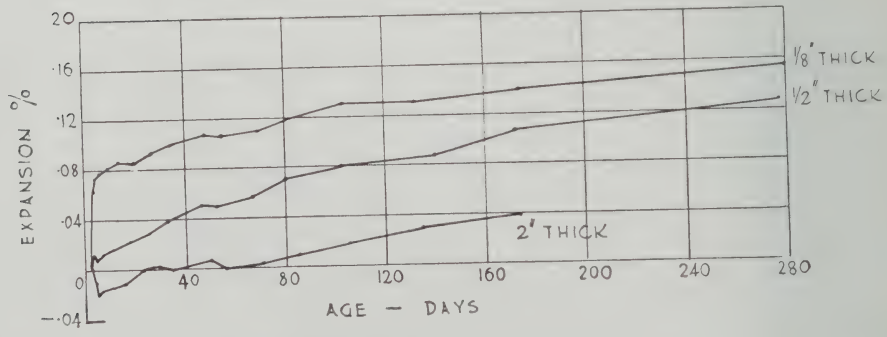


FIG. 5 — ALUMINOUS CEMENT

CONTRACTION OF NEAT CEMENT SPECIMENS OF VARIOUS THICKNESSES, STORED IN AIR

1. MEASUREMENTS TAKEN FROM 2 DAYS
2 SPECIMENS 1/8", 1/2", OR 2" THICK AND 4' LONG x 2" WIDE

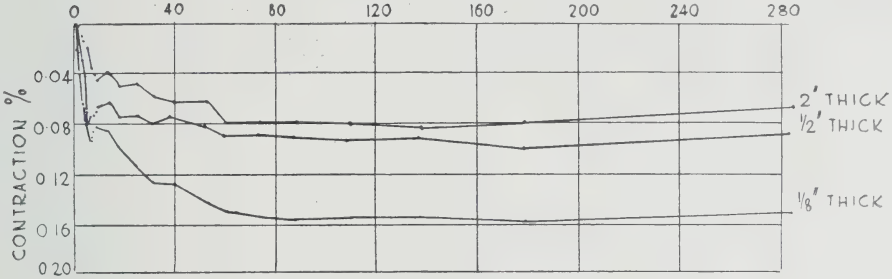


FIG. 6 – NORMAL PORTLAND CEMENT

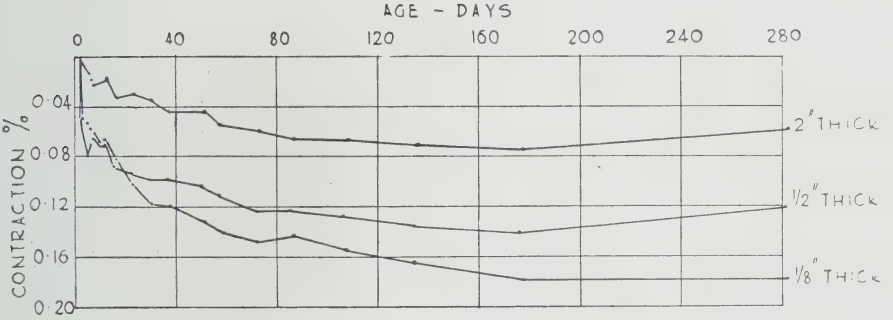


FIG. 7 – RAPID HARDENING PORTLAND CEMENT

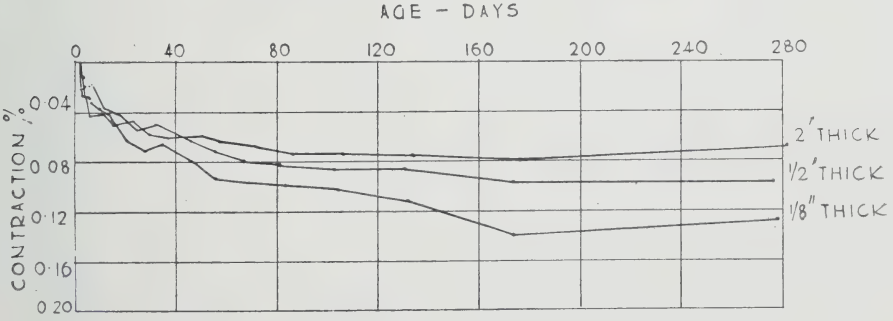


FIG. 8 – ALUMINOUS CEMENT

permeability is so preponderating a factor that the movements of concrete masses of sizes used in practice are usually more dependent upon this than upon cement content so far as normal day to day humidity changes are concerned.

The movements shown in Fig. 1 are, as stated, those brought about by wetting previously-dried specimens. But the movements which take place during setting and hardening are often more serious. In Fig. 2 is shown a photomicrograph of a polished surface of set cement. Two main constituents are obvious—indicated by the white particles in a darker background. These white particles are unhydrated cement clinker which, when reached by water, will hydrate and expand.

When water is added to the cement powder in mixing, the surfaces of the particles become hydrated, forming a fairly, though not entirely, impervious coating. Thus the centre of the particle may be found unhydrated even after many years in water. Why this should be so can at present only be surmised, for at early ages after mixing there is little doubt that water can and does penetrate fairly easily to the hydrated envelope of a particle.

Reference to the question of syneresis is now needed before the discussion can be continued directly. When silica gel is formed by mixing certain proportions of hydrochloric acid and sodium silicate the resulting gel contains about 5 per cent. silica and about 95 per cent. of water (and common salt). It is a comparatively rigid mass, and, on allowing it to stand, drops of liquid form on the surface and the gel soon loosens from the sides of the containing vessel. This syneresis takes place even under water. The syneresed liquid is practically water (with salt dissolved in it). What direct application can be made of the experimental work on the syneresis of silica gels to the case of cement gels is not yet clear, but it seems reasonable to assume that syneresis is a general property of rigid gels and that it should therefore not be left out of consideration. While the efforts made at the Building Research Station to measure the syneresis of cements have yielded quite negative results, this is perhaps not surprising. Recalling that the syneresis of a silica gel is the forcing out of water surplus to the amount " sorbed "* at the humidity conditions of complete external saturation, it should be borne in mind that the mixing water added to a cement is a very arbitrary amount and probably not sufficient to give complete hydration of all the cement, even if this were physically possible. But only the surfaces of the cement particles are then hydrated, i.e. something approaching 30 to 40 per cent. of the cement present, so that water is possibly present in the gel structure soon after mixing in an amount in excess of that in equilibrium with the external humidity conditions of complete saturation. At very early ages water can slowly penetrate this hydrated skin, but this penetration apparently soon slows up, probably due to a clogging of the channels through which the water has to pass. But this penetration and consequent further hydration are probably sufficient to take up any water which at early stages is syneresed, with the result that no water shows on the surface of the specimens.

* See " Effects of Moisture Changes on Building Materials," by R. E. Stradling [B.R. Bulletin No. 3] for a brief discussion of this and other like terminology used in this paper.

Returning to the direct discussion, and assuming syneresis is a general property of these rigid gels, it is clear that even if specimens of hydrated cements are immersed in water as soon as possible after mixing, then contraction should be found to take place so far as the existing gel structure is concerned. But the opposite is found experimentally with normal Portland cements. Thus one is driven to the assumption that either syneresis does not take place and that cement gels even in formation contain less than the amount of water in equilibrium with external saturation, or, alternatively, that the hydrated cement envelope is permeable to water at early ages and that further hydration takes place causing the expansion observed when freshly-made Portland cement specimens are stored in water.

Other phenomena, to be discussed later, all seem to indicate that further hydration can take place. It is therefore reasonable to conclude provisionally that the alternative assumption is the correct one, viz. that hydrated cement should not be considered as differing from other rigid gels, but that the observed expansion is due to the further hydration caused by passage of water through the envelope.

However, experimental work shows that this further hydration on water storage does not proceed very far. Fig. 3 illustrates this from work at the Building Research Station. The specimens of normal Portland cement (neat) on which measurements were taken were never allowed to get dry from the time of mixing. They consisted of rectangular bars about 2 in. by 4 in. in which small metal balls were inserted at each end. Measurements were taken between these balls by means of a micrometer. The bars were in three series, each of which were of definite thickness though the length and breadth were the same in all (4 in. by 2 in.). The balls were so inserted that the " gauge length " over which movements were measured was in all cases 3 in.

The thicknesses of the three series were $\frac{1}{8}$ in., $\frac{1}{2}$ in., and 2 in. It will be seen that the first movements were rapid, and much greater in the thin specimens than in the thicker ones. After a time the curves seem to become practically parallel, and although all are increasing in length the rate of increase appears slow and independent of thickness.

Apparently at early ages both the chemical action of the first hydration and the hardening of the material are still in progress; the material has not hardened into a mass, and water can penetrate. Later, however, these three effects either stop or slow up. Probably the first two stop and the penetration of water becomes very slow. But some water must penetrate, otherwise further hydration would not continue and the progressive growth in length would be difficult to explain.

Some of the consequences of these hydration movements will be outlined later, but in a discussion of this work the experiments of A. H. White in the United States of America must be mentioned. White has carried out measurements of movements of cement rods over periods of about nineteen years, and found that on keeping a previously-dried rod in water for two years a linear expansion of over 0.5 per cent. took place. At the end of nineteen years expansion and con-

traction still take place with wetting and drying, and thus some reason is given for the assumption that these moisture effects are likely to be operative over the life of a structure in practice.

Rapid Hardening Cements.

From the physical point of view, the rapid-hardening cements, whether of the Portland or aluminous variety, can be considered as types in which, as the term implies, the processes of setting and hardening are completed in very short periods compared with the normal Portland.

In Figs. 4 and 5 are shown curves obtained from specimens of rapid-hardening Portland and aluminous cements, similar in shape and size to those of Portland cement used to obtain Fig. 3. In general the same phenomena occur, the only serious difference being in the case of the 2-in. specimen of aluminous cement (Fig. 5). Here, even with the water storage, a contraction first takes place, followed by expansion similar to the other cements. This contraction is typical of larger specimens of aluminous cement. It is suggested that it is due to syneresis of the gel formed during the chemical processes, and that it is registered with these larger specimens because the chemical processes are so much more rapid and the material becomes set and relatively impermeable at early ages. The same phenomenon is encountered with concretes.

Air storage of cement specimens presents a rather different set of conditions. The major factor is desiccation. In Figs. 6, 7 and 8 are shown curves obtained from similar sized specimens to those used for the preceding curves.

In all cases shrinkage takes place, and the thinner the specimen the greater is the total movement, although after a time the movements become steady and the curves parallel, only altering in slope with change in humidity of the storage atmosphere. While all hydration is apparently stopped it would seem probable that, provided the surrounding air contains appreciable moisture, small amounts of further hydration may take place if any mechanical breakdown occurs sufficient to open up hydrated particles of clinker. That such further hydration may occur after structural breakdown is demonstrated by the phenomenon of "autogenous healing," a term applied to the regain in strength of concrete after being stressed to partial failure.

Mortars and Concretes.

The majority of concrete used in construction has of necessity to be allowed to set and harden in air. It is well known that if neat cement is used serious cracking takes place, and that such cracking is considerably reduced when an inert filler such as sand, ballast, or other similar material is incorporated in the mixture. Naturally, the reduction in cracking is not the chief reason for the use of concrete in place of neat cement. The question of cost is, of course, important. But the fact remains that neat cement in large areas would not under normal conditions be of practical use as a constructional material owing to the shrinkage which takes place in drying.

How then does the presence of an inert filler reduce the cracking? It is thought in the first place that concentrations of stress arise due to shrinkage of the cement round the inert particles; these lead to flow, and thereafter to the release of the concentrations. In the second place, failing release by this means, minute cracks are produced in the cement envelope around inert particles, and again allow the release of stress. If neither of these can happen, or if owing to peculiarities of shape of the concrete mass an easier way of release is possible by

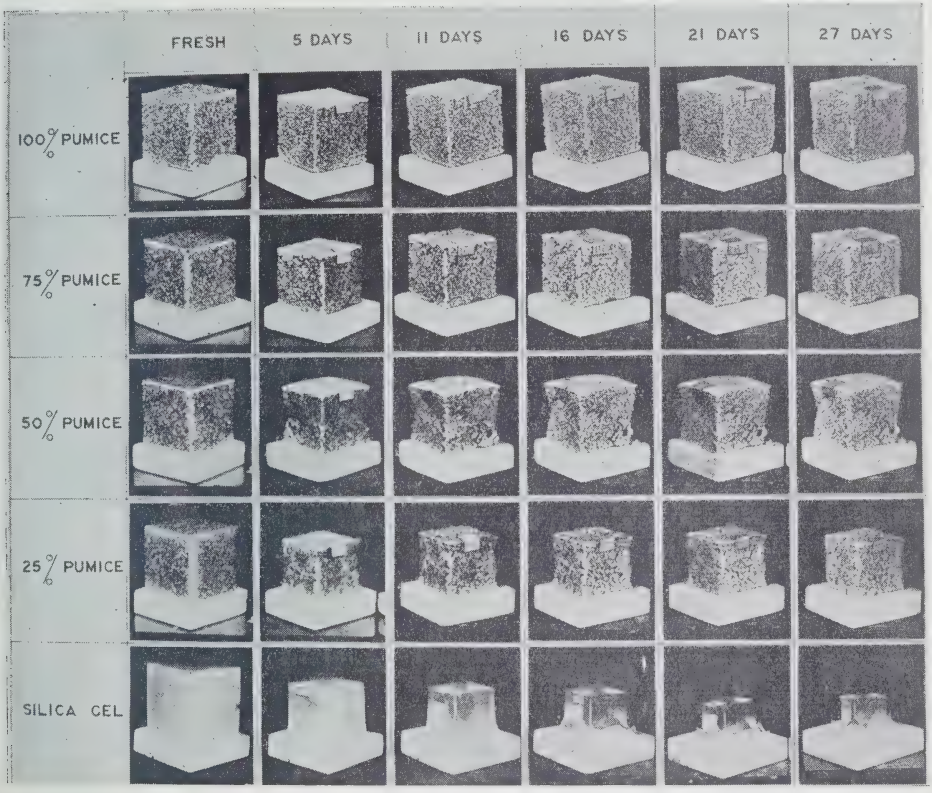


Fig. 9.—2-in. Cubes of Silica Gel, with varying proportions of Pumice Aggregate.

major cracking, then even the presence of the inert fillers will not prevent the formation of serious cracks in the neat cement.

Measurements at the Building Research Station of the conditions of flow of cement and concrete under load have shown that the greater the stress imposed the greater is the flow, and that the older the specimen the less the flow. Microscopic cracking is obviously likely to be most operative when the strength is least, i.e. at early ages, in fact such microscopic cracking appears to be of supreme importance in connexion with

curing when impermeable concrete is required, and is specially marked when normal and rapid-hardening cements are compared in this respect.

Perhaps an exaggerated example of the effect may be helpful. By taking powdered pumice as the inert filler and silica gel as the cement, specimens can be prepared which shrink very much more than a normal mortar. By way of illustration a series of cubes was made up of various mixtures of silica gel and powdered pumice. Those marked 100 per cent. in Fig. 9 were formed by filling the mould completely with the pumice powder and then pouring in silica gel formed by mixing waterglass and hydrochloric acid. The one marked 75 per cent. was made by filling the mould three-quarters full of powder and then adding the gel cement, keeping the mould shaken whilst the cement was setting. Similarly the 50 per cent. and 25 per cent. cubes were formed by filling the mould one-half and one-quarter full of powder and then adding the gel and keeping the mould shaken till set. The neat gel was formed by casting a cube of silica alone. The photographs in Fig. 9 show the appearance of the cubes after various periods of drying. The cementing material contained about 95 per cent. water, so that the shrinkage in drying was sufficient to ensure the rupture of the cement around the pumice.

Examine first the series of photographs of the 100 per cent. pumice cubes. It will be seen that the size of the cubes over the period of 27 days has not visibly changed; as a matter of fact a small expansion has taken place. The cementing material (silica gel) has completely broken down around the particles, which are quite loose—and if the cube had been handled at this age, except with the very greatest care, it would have fallen to a heap of powder similar to the pumice sand with which the mould was originally filled. Now examine the series labelled "Silica Gel." This is the neat cement, and it will be seen that the cube has progressively shrunk in size and that ultimately large cracks have developed and pieces have fallen away. The cubes of intermediate composition behaved in a manner intermediate between those of the two cases discussed.

In Fig. 10 are shown photographs of the faces of some of these cubes at various ages. The apparent mistiness of the photographs of the fresh cubes is due to the pumice grains being covered with the silica gel.

An examination of these photographs allows the following deductions to be made:—

(1) The greater the proportion of cement, the greater is the total shrinkage.

(2) The greater the proportion of cement, the larger are the cracks produced by shrinkage.

(3) With the richer mixes disintegration takes place by first forming big cracks and then smaller ones round the actual particles of aggregate.

(4) With the leanest mix (100 per cent. pumice), as the aggregate cannot be compacted any more, the breaking down occurs round the individual particles of pumice.

In practice the shrinkage movements of a cement are not of course of the same order as those of silica gel. But the cases are analogous, and it is con-

tended that unless this is realised the reasons for the behaviour of mortar and concrete will fail to be understood. In other words, it is necessary to keep the picture in mind of a cement shrinking round inert particles if the anomalies of cement and concrete testing are not to remain obscure.

In conclusion it may be emphasised that a mass of mortar or concrete is usually full of internal strain due to unequal shrinkage in the various portions of the mass, in addition to strains introduced by the initial contraction. Moreover, severe strains must be formed when further hydration occurs (e.g. in

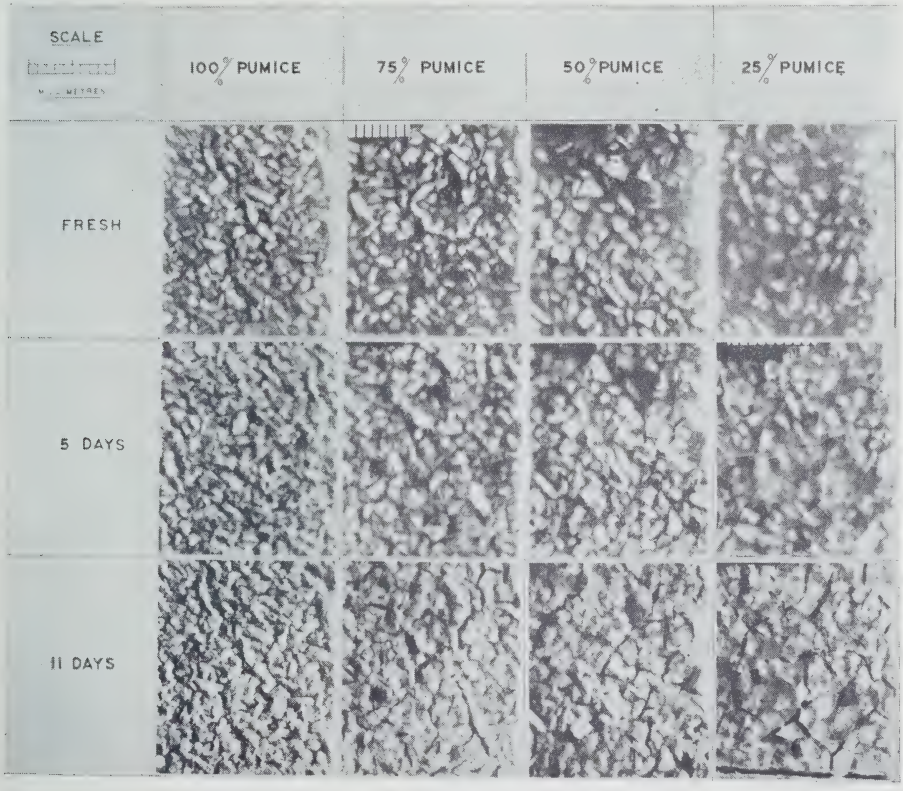


Fig 10.—Surface of Cubes shown in Fig 9.

water storage) of previously unhydrated particles. Such strains must cause breakdown or be released by flow. The breakdown is not so serious under total immersion, since the hydration automatically tends to heal the fracture.

Until the mechanism of these moisture relations is more perfectly understood, the control of crazing and the like will not be a practical possibility. As the study of heat treatment of metals has opened up new fields in mechanical engineering, so will the investigation of the parallel phenomenon of " moisture treatment " of cement and cement materials enable further successes in structural engineering.

Essential Properties of Cement not yet Guaranteed by the Manufacturer.

By PROFESSOR OTTO GRAF (Stuttgart).

The testing of materials for standard tests should be carried out so as to allow the results of the tests to be applied to actual practice. In the case of cement, however, it cannot be said that this desirable requirement is entirely met.

The compressive and tensile strengths of cement are, for instance, usually carried out on test-pieces consisting of cement and sand only, which are not usually applicable to practice. It is true that the results of tests on mortars give an approximate idea of the strength of the cement when used in concrete, but the tester may often be misled in the conclusions he reaches from such tests. Experiments are being carried out in different countries to devise an improved method of testing for compressive and tensile strengths; in my opinion plastic mortar with well-graded sand should be used.

The contraction and expansion of concrete necessitate the provision of joints in concrete structures to guard against shrinkage and swelling. Careful curing is also necessary to prevent the concrete drying out too rapidly. Precautions such as these add to the cost of concrete construction, so that it would be a very desirable improvement if a cement could be manufactured that did not shrink, or at any rate that was less liable to shrinkage than present cements.

The resistance of cement to corroding agents is related to the chemical composition of the cement, and a satisfactory solution of this problem is still to be found. In this connection it may be said that in many cases experience has not confirmed the general assumption that it is the lime content that lays cement open to attack by acids.

The permeability of concrete is a question of great importance in the construction of tanks and similar water-containing structures, and the selection of a suitable cement for such work needs special attention. I have found from tests that although a sample of concrete made with a certain cement remains impermeable when subjected to a water-pressure of 7 atmospheres, a similar sample made with a different cement is permeable when subjected to one atmosphere only. Experienced engineers know which cements make the most impermeable concrete, but it would be very desirable to discover the special properties that make one cement more impermeable than another in so far as chemical composition and manufacturing methods are concerned.

In any discussion on the testing of materials it is essential to bear in mind that the properties of materials are to a great degree influenced by the existing standard specifications. In the case of cement also the properties specified receive the most attention.

On the Testing of Cements.

By Dr. Prof. HANS KÜHL.

(*Institute for Technical Cement Research, Technical High School, Berlin.*)

The standard cement specifications of the world form a maze through which even the expert hardly finds his way, the differences being so great that it requires earnest research to make out a single point in which the specifications of the different countries agree with one another.

Starting with the definitions, we experience the most divergent variations as to what shall be classed as Portland cement clinker and Portland cement. While some countries understand Portland cement clinker as a clinker which has been manufactured by the burning of an intimate artificial mixture of materials containing lime and argillaceous materials, other countries allow to be classed as Portland cement clinker materials which are manufactured by burning naturally occurring materials already possessing the accurate chemical composition of cement without any artificial preparation of the raw materials.

Still greater differences occur with regard to what is to be understood as Portland cement. The British Standard Specification, for instance, prescribes that only gypsum and water may be added after the burning of the clinker, while Germany and other countries are more tolerant in this respect and allow within certain limits the addition of other substances serving to regulate the setting-time or for other purposes. Other countries, as Italy, refrain altogether from a strict definition. In consequence in Italy extraneous materials may be ground with burnt clinker without injuring the commercial value of the product providing its technical properties are in accordance with the specification.

I do not intend to deal in detail with the many differences of less importance which occur in the standard specifications of different countries for fineness, gravity of volume, and setting-time, because there exists in this respect at least a fundamental harmony and a general line of testing which avoid excessive differences. Opinions on the method of testing for soundness seem to be far more varying. While nearly all countries specify the 28-days cold-water test, we often find the demand for an accelerated soundness test, and in this respect we meet again with a rather amazing variety. The accelerated tests generally specify a temperature of 100 deg. C., but Australia demands a testing temperature of 80-94 deg. C., and while the majority of countries use the boiling test in some form or other—whether the pat-test or the Le Chatelier test—other countries, as Poland, specify the test specimens to be submitted to steam instead of water.

The differences in the specifications are, however, enormous when testing for strength. The quality of cement depends either on its tensile strength or compression strength, or on a combination of several strength tests. There are specifications for testing of neat cement and also for testing mortar mixtures. Some countries test plastic mortars, while others use "earth-

moist " mortars. The mechanical manufacture of test-pieces claims superiority over moulding by hand. Considerable differences exist even among the same methods of moulding the specimens, the hammer apparatus is different from the ram, and the spatula is different from the thumb method. It is therefore not surprising that the strengths demanded vary in a high degree seeing that these differences depend not only on the specific testing specification, but also upon fundamentally different interpretations of the specifications. The foregoing may be sufficient to show not only to the expert but to others not familiar with the matter that we are far from uniform cement testing methods such as the new International Society for Testing Materials desires to introduce.

It seems clear that the variety of standard specifications depends on an equal variety of technical developments in different countries, because finally the specifications denote the results which the manufacturers aim at attaining. Really, however, the contrary is the case. The quality of cement is nearly equal in all similarly technically developed countries. Though the quality does not differ much, in spite of lack of uniformity in specifications, it may be concluded that the specifications, in spite of their differences, are related to the cement works for whose guidance they are prepared. This fact should be considered especially by those who desire an international simplification of standard specifications. It is not really important whether, for instance, the content of sulphuric anhydride is limited to 2.5 per cent. or 3 per cent.; whether the maximum permissible residue on the sieve of 4,900 meshes/sq. cm. amounts to 20 or 25 per cent.; whether the boiling test of Michaelis or the needle test of Le Chatelier is applied; whether the setting time is determined by the Vicat or the Gillmore needle; or whether the strength is tested by employing plastic or earth-moist mortars, though on this last point there may be different opinions. It is not the purpose of this article to deal with such details. I prefer to deal with some general ideas of testing and classifying cements and of their future development.

First is the important question as to whether it is useful to issue standard specifications which may be generally applied to a group of different building materials, such as Italy has done, or whether the requirements are better met with a strict limited specialisation such we do in Germany. I am of the opinion that the specification must be strictly adapted to the character of the material to be tested, and that a far-reaching specialisation will be unavoidable for this reason. In a recent paper read at Dresden before the Association of German Portland Cement Manufacturers I pointed out that two equal Portland cements according to the strictly limited German specifications differ in a wide range when used in practice, even when showing previously the same standard strength. I was able to prove that even with the limited means of laboratory tests two Portland cements of equal value according to the standard tests gave differences of strength of up to 50 per cent. when used as wet mortars. Guttmann, when making test specimens of wet concrete from two Portland cements of equal standard strength, experienced still more amazing differences, amounting up to 100 per cent. It being possible that

such differences occur with cements of the same character and the same standard strength, it is easy to imagine how different the properties of mortars of varying character will be when they are tested according to the same specifications. It is not difficult, for instance, to make mixtures from lime and materials similar in composition to cement, which, on being tested according to the Portland cement specifications, yield excellent results. These mortars, however, when tested in a different manner, such as by adding much sand or by using a wet mortar, nearly always result in less satisfactory values than are given without any difficulty by a Portland cement of equal standard strength. I prefer to lay down the following rule when dealing with the value of hydraulic binding materials: "Separate standard specifications for each building material."

The requirements for specific gravity and weight per litre still being specified in many countries seem to me obsolete. Portland cements which are in accordance with an accurate definition and with suitable technical requirements necessarily possess a high specific gravity. Instead of the adherence to the weight per litre being based on the opinion that in practice cement and aggregates are to be mixed by volumetric measurements, it would be better to provide for measurement by weight; this does not, of course, exclude measuring the materials by volume providing the weight of the volume of cement and aggregates is previously determined.

The specifications of fineness were till now limited to the maximum values of residue on sieves. Nobody had the idea of also fixing minimum values, and to specify in this way that cements should not be ground too finely. I am of the opinion that the time is coming when specifications for the minimum size of cement particles will be of more importance than the present specifications which limit the maximum residue. The requirements for the hardening qualities of the cement are sufficient assurance against the cement being too coarsely ground. Every manufacturer who satisfies the present strength specifications is forced to grind finely enough. It was believed for a long time that there was no limit to the fine grinding of cement, but the advocates of a less finer grinding are increasing. In many cases they base their opinion on the fact that the weight per volume decreases when the cement is too finely ground, thereby causing difficulties on the job so long as cement and aggregates are proportioned according to volume. Moreover, it has been pointed out that too finely ground cements when stored show decreasing strengths. The danger arising from too finely ground cement consists in my opinion (as I pointed out at the recent gathering of the Association of German Portland Cement Manufacturers) in the fact that such cements are much more sensitive to increased water content than more coarsely ground cements. The size of the cement particles is in my opinion the real key to the strange fact that Portland cements of the same standard strength when used for wet concrete result in strengths differing up to 100 per cent. compared one with another. I therefore believe that the future specifications for cement, referring to the composition of particle sizes, will rely less on the maximum residue on sieves of relatively coarse mesh than on the proportion of the most

finely ground particles. This is possible, since we possess reliable apparatus for defining the fineness of cement by air separation or sedimentation.

The setting-time of cement is to-day generally determined by the needle, using plastic mortars of neat cement, but it must not be forgotten that the cement in practice is used under quite different conditions. The addition of more water to mortars or concrete results in much longer setting-time than the laboratory test will yield. It is therefore desirable to devise a new method for defining the setting-time which is better adapted to practice. The solution of the problem will be difficult. The introduction of thermal and electrical processes will not be advisable, because they are liable in a far higher degree to variations than the present mechanical method using the needle apparatus.

The requirements for the soundness of cements have for long been subjects of discussion. Now it has been definitely decided that the hardened cement consists of a " gel," of which the water content depends on the temperature and the moisture in the surrounding air, it has been realised that an absolutely sound cement mortar does not and cannot exist. In spite of this fact it is obviously necessary to specify a minimum soundness for each cement. But what shall these specifications be? It is to-day realised that the 28-days cold-water test is not sufficient, but it is also admitted that all accelerated tests are unrelated to practice, and that they are therefore of doubtful value. I believe this question may be solved in a roundabout way, making use of the specifications for strength.

This leads to the question of strength testing. Before referring to the relations between soundness and strength, some general remarks on strength-testing may not be out of place. Having recognized that a cement in practice may behave quite differently from what might have been expected as a result of laboratory strength tests, it seems necessary to adapt as far as possible the method of strength testing to the conditions on the job. So long as rammed concrete was predominant the testing of earth-moist mortars was adequate. Plastic and wet concrete, however, are now more generally used in modern constructional work. This is, in my opinion, the reason for believing that in future the testing of plastic mortars will increase in importance. It is interesting to note that, especially in Germany, where up till now the testing of earth-moist mortars has been tenaciously insisted upon, a revolution is in sight as the result of the newer researches on plastic mortars executed by the Laboratory of the Association of German Portland Cement Manufacturers.

I believe that in testing plastic mortars in Germany the principle of making the specimens mechanically should be agreed to so far as possible. Experience has shown that the reliability of strength-testing has increased in the same degree as the testing method has been mechanized. Those familiar with the accurate method specified by German and similar regulations will be astonished to know that the test specimens in the United States are moulded by means of the thumb. It must, however, be acknowledged that this method of making the specimens has been there developed to a very high degree of accuracy and uniformity.

Up to recent years strength testing with specimens of pure cement was considered in Germany to be obsolete. According to studies of Curt Prüssing,

it is possible to derive very useful conclusions from test specimens consisting of neat cement mortar, so that interest in this class of strength test will probably be revived. Prüssing found that tensile tests of specimens more than 10 years old, cured in water, resulted in a strength of approximately 70 kg. per sq. cm. when tested still wet, while the tensile strength was reduced to 25 kg. per sq. cm. when the specimens were allowed to dry out previously. This experience is quite contrary to that resulting from cement-sand mortars, because these tests usually show an increase in strength when cured in air after previous water curing. It is obvious that from these tests interesting information will become available to those interested in cement hardening.

On the question whether cement is to be tested for compression or tensile or bending strength, I personally have for some time favoured tensile testing, and I have always opposed the increasing predominance of the compression test such as is used in many European countries. It is certain that the compression test is of most importance in practice; but compression strength is of no value if a building cracks at the point where high tensile strength is required. Reinforcement in concrete, however accurately calculated, is not able to withstand a certain elongation at those points where high tensile strength is necessary, an elongation which corresponds to the elasticity of the reinforcement. The concrete surrounding the steel, however, has, without cracking, to adapt itself to the elongation, and this is the true reason why concrete should possess high tensile strength and high elasticity.

There is, however, still another open question so far as tensile strength is concerned. Increasing the lime content of the raw mixture results in increased tensile and compression strength, but as soon as this lime content reaches a certain limit then the compression strength still increases while the tensile strength decreases. This is especially apparent when the specimens have been cured a long time under water. Further increase of the lime content results in decreased compression strength too, and apparent unsoundness. It is in my opinion obvious that there exist certain relations between compression as well as tensile strength and soundness, and I wished to point out this fact before explaining that new points of view must be kept in mind with regard to the soundness of a cement, and that these points of view are only to be obtained by the roundabout way of the strength testing.

It seems, however, that the relationship between strength and soundness is still more varied than is apparent from the relation of compression to tensile strength. The remarkable phenomenon which has been revealed, especially by Gensbaur, on cement-sand mortars by alternate curing in water and air, and to which Prüssing has referred in his tests of neat cement, seems to increase our knowledge of the mutual relations between strength and soundness. This being a field of research not yet being sufficiently covered, the importance of these relations should not be neglected. A systematic examination of the test results at the disposal of the official institutes for testing materials should result in an enlightenment of the relations between strength and soundness of cements. When these relations have been recognized and confirmed by scientific research, we may perhaps derive new specifications for the strength and soundness of cements.

Up-to-date Japanese Portland Cement Works.

The discovery of large quantities of marl limestone and chalk at Nanao Bay on the west coast of Japan nearly 190 miles from Tokyo led to the erection there of a new cement works during the years 1927-1929, with an annual output of 150,000 tons of cement.

The plant was supplied by Messrs. G. Polysius Aktiengesellschaft, of Dessau, and is modern in every respect, with a railway siding stretching about a quarter of a mile along Nanao Bay. On account of the nature of the raw

Fig. 1.—Consecration of Kilns.

materials and the conditions of production it was decided to use the thick-slurry process: the Nanoa Cement Co. was, in fact, the first Japanese firm to instal original plant employing the wet process.

The bulk of the raw material—marl of excellent quality—is broken near the works and conveyed to the factory in trucks. A trough-conveyor feeds it into crushers which reduce it further, and thence it is taken by a steel-band conveyor and elevators to the silos over the raw-mills.

The clay is brought from the opposite shore of Nanao Bay in barges drawn by a steam tug, emptied by a crane, and then deposited by a revolving crane with grab equipment into a hopper which feeds it into two washmills. The slurry resulting from the addition of water flows out of the washmills through a sump into a double pressor, which pumps it by means of compressed air into tanks over the raw-mills.

The limestone used for correcting purposes is conveyed to the works from a quarry over six miles away by a ropeway: it is reduced by a separate crusher and then taken by elevators to the silos over the raw-mills.

The marl, limestone and clay slurry are fed into the two 3-chamber " Solo " mills which are approximately 7 ft. 3 in. in diameter and 42 ft. 6 in. in length: water is added to the desired proportion and the contents are reduced to slurry. This material is then pumped by two double-pressors into eight steel tanks in which it is mixed by an automatic pneumatic slurry-mixing apparatus, the air passage of which is controlled by a " Regulex " valve. The finished slurry, forced by two double-pressors, passes into silos and thence into the kilns.

Two " Solo " kilns, nearly 230 ft. long, have been installed and the slurry is dried, calcined, clinkered and cooled in one continuous operation. Unlike

Fig. 2.—General View of Works from the Sea.

kilns with separate coolers underneath, the " Solo " kiln is built at ground level so that neither steps nor platforms interfere with the supervision of the burning.

The elastic " Pol " drive and the water-cooled self-feeding lubrication device ensure regular and satisfactory work on the part of the rollers. The cooling zone is equipped with coolers, which serve both to cool the clinker and to heat the burning air without obstructing the view of the burning process. The flow of air for combustion is regulated by circular air grids and excess draught between the smoke chamber and the kiln is prevented by means of packing rings.

The coal required for firing the kiln is dried in two coal-drying drums and ground in two three-chamber " Solo " mills. It is pumped by compressed air into the silos of the kilns and fed into the burner pipes by means of double-worm extraction gear and blown by high-pressure fans into the kilns. On account of the high percentage of volatile matter in the coal, the burner pipes had to be specially designed.

The clinker passes over shaker-conveyors and elevators into the clinker storage and can be drawn off at various points on to two steel conveyor-bands

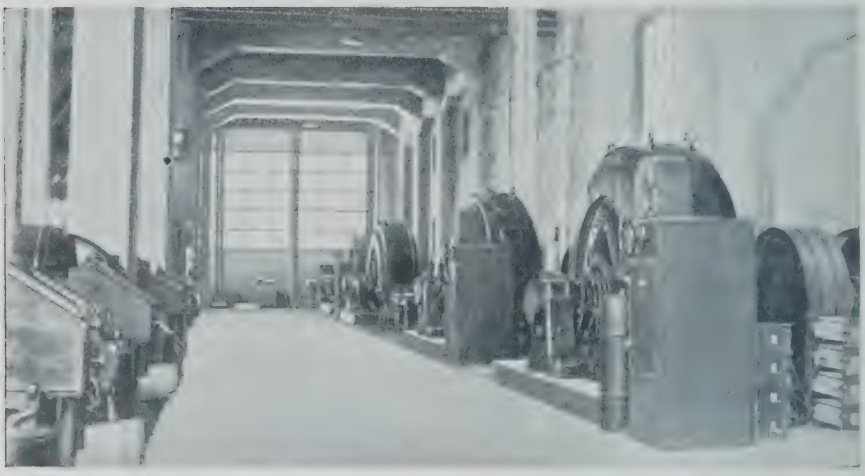


Fig. 3.—Motors Driving Raw Material and Cement Mills.

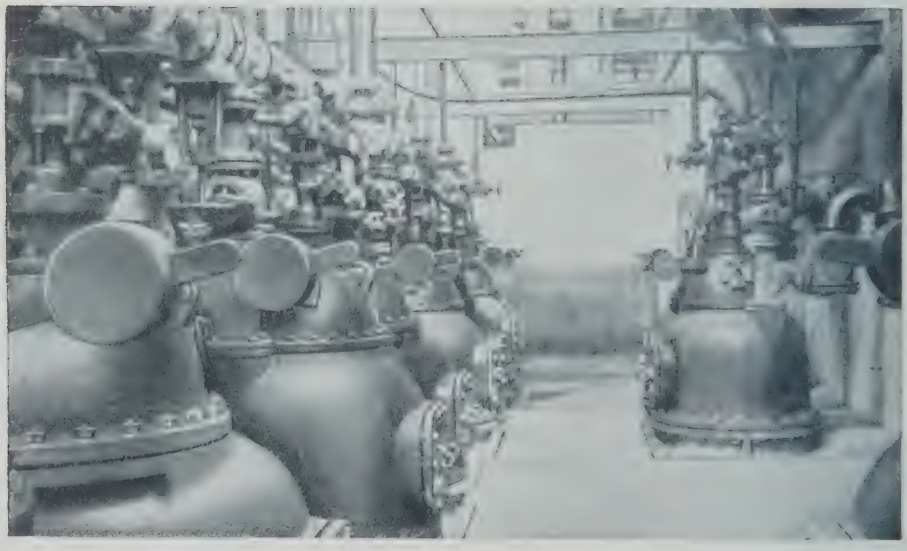


Fig. 4.—Pressors for Pneumatic Conveying of Slurry.

running under the storage. Elevators transport the clinker to automatic weighing machines and thence to silos over the cement mills. The flow of clinker and gypsum into the mills is controlled by rotary-table feeders. The two mills are of the three-chamber " Solo " type and are of the same size as the raw-mill, approximately 7 ft. 3 in. in diameter by 42 ft. 6 in. in length, and grind the clinker and gypsum to cement of a very fine grade. The finished material is forced by pneumatic pumps to the cement store, consisting of six cylindrical silos approximately 32 ft. 6 in. and 65 ft. in diameter.

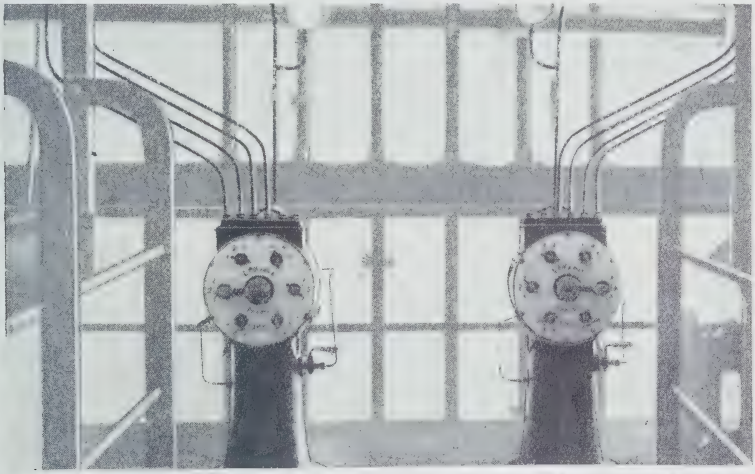


Fig. 5.—Regulex Valves for Automatic Pneumatic Slurry Mixing.

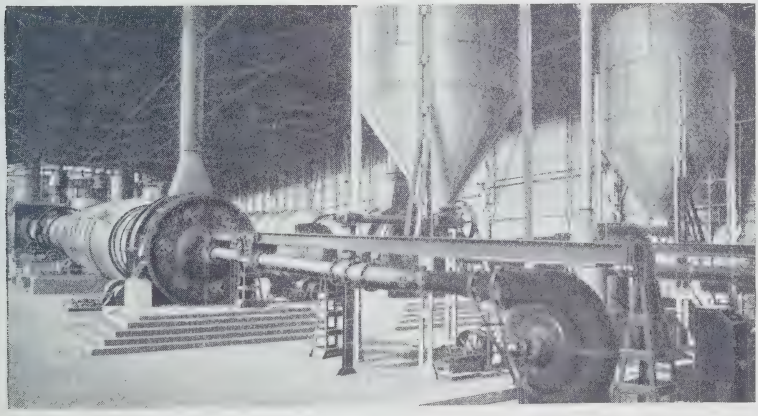


Fig. 6.—Kilns with Powdered Coal Firing.

The packing and dispatch of the cement are carried out by automatic sack and barrel packing machines and suitable loading gear.

A dust-collecting plant ensures a practically dustless operation in the grinding plant, so that losses of material or hindrances in operation through dust are avoided. A fully-equipped laboratory with experimental rotary kilns serves

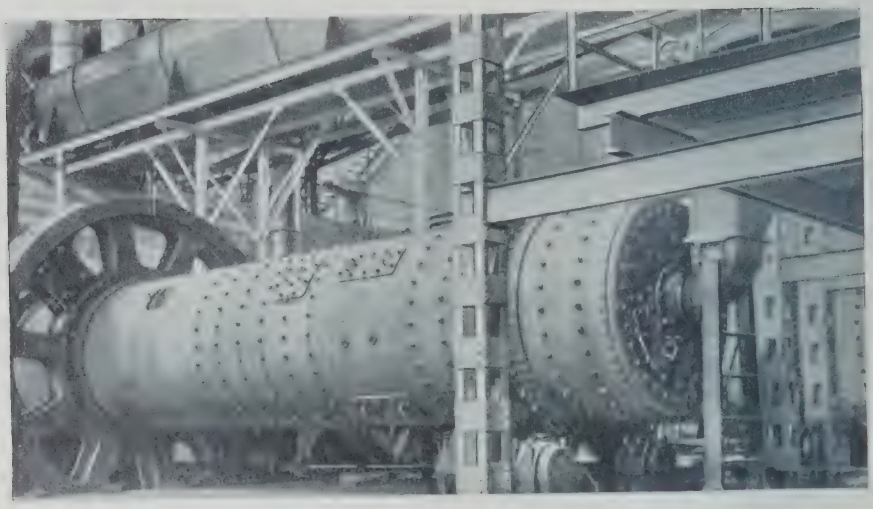


Fig. 7.—One of the Mills.

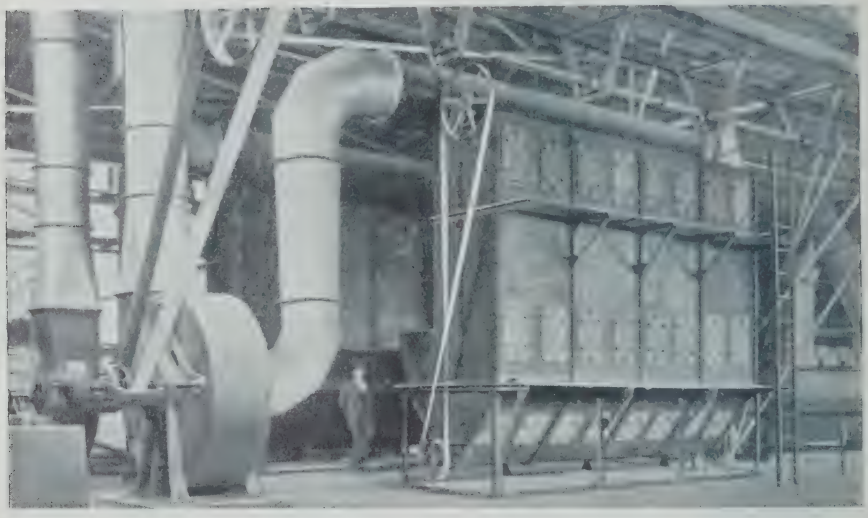


Fig. 8.—Suction Filters for Dust Collecting.

for constant control of the manufacturing process. Repair shops, barrel factory, compressor and transformer plant and offices complete the plant. When building the works the possibility of later extensions was taken into consideration and the buildings have been designed so that the erection of an additional raw mill or cement mill can be carried out without further building work.

The predominant idea when laying out the machinery was to unite several stages of work in one large machine to make the whole process of manufacture practically automatic by using mechanical or pneumatic conveying plant. This explains why only about 25 men are employed per shift to operate the machinery.

The Rotary Kiln in Cement Manufacture.

By W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

IT is proposed in this series of articles to treat the rotary kiln mainly from the point of view of output and fuel economy, and an attempt will be made to elucidate the laws which govern the rate of heat transmission from the hot gases to the raw materials in the kiln, and from the hot clinker to the air passing through the cooler.

To obtain the maximum output with the minimum fuel consumption careful attention must be paid to a number of details, which will be as far as possible

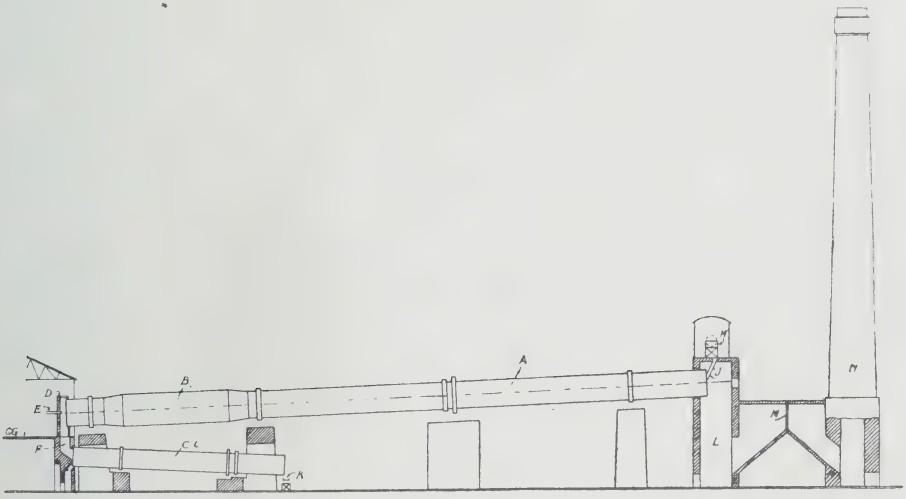


Fig. 1.

A, Rotary kiln; B, Enlarged clinkering zone; C, Rotary cooler; D, Kiln hood; E, Coal firing pipe; F, Brickwork clinker chute; G, Kiln burning platform; H, Slurry feed tank; J, Slurry feed pipe to kiln; K, Tray conveyor for cooled clinker; L, Kiln flues; M, Regulating damper; N, Chimney, 150 ft. high.

enumerated and discussed. To this end, as a framework, we may consider a wet-process rotary kiln 200 ft. long, a size which has been much used in recent years, although, as is well known, considerably longer kilns are now in use.

A typical elevation is shown in Fig. 1. The chief features may be identified by consulting the table of reference. In the description which follows, various figures are quoted which may be taken as representative of good standard practice.

The kiln generally is 8 ft. 6 in. in diameter inside the shell plates, the clinkering zone being 10 ft. in diameter and 39 ft. long. The cooler is 6 ft. in diameter

and 66 ft. long. The kiln is inclined at 1 in 24; it is supported on four tyres, and makes approximately 0.85 r.p.m.

In a wet-process kiln the raw material in the form of slurry enters by the pipe marked J and passes slowly down the kiln, taking about 2½ hours to travel from end to end. The moisture is evaporated, the CO_2 driven off, and the remaining material clinkered, the maximum temperature reached in the clinkering zone being about 2,500 deg. F.

In the kiln the material may occupy about 7½ per cent. of the total volume reckoned inside the lining. Leaving the kiln at a temperature of 2,200 deg. F. the material traverses the cooler and is discharged to the tray conveyor (K) at a temperature of 200 deg. F. or less. The cooler makes 5 r.p.m.

The kiln is fired by powdered bituminous coal, which enters the lower end through the burning pipe (E). The air supplied to burn the coal is not usually more than 5 to 10 per cent. in excess of the quantity necessary for complete combustion as estimated from the coal analysis.

Of the total air supply about 20 per cent. may be used to inject the coal into the kiln; the remainder is drawn up through the cooler, where it cools the clinker and is in turn heated, thus entering the kiln at a temperature of approximately 800 deg. F.

To consider the air and coal supply figures in detail we may assume the kiln, with enlarged clinkering zone, to have an output of 8 tons per hour. Using dry coal of a calorific value of 12,600 B.T.U.'s per lb. the fuel consumption may be 27 per cent. of the clinker produced, hence:

$$\text{Coal per hour in tons} = \frac{27 \times 8}{100} = 2.16$$

and coal per minute in lbs. $= \frac{2.16 \times 2,240}{60} = 80.6.$

The air necessary for combustion, including 10 per cent. excess, will be 10 lbs. per pound of coal (very nearly), hence:

Air per minute = 806 lbs.

As previously mentioned this amount is sub-divided as follows:

To inject powdered coal (about 20 per cent.) ...	161 lbs.
Passing up cooler	645 lbs.
Total	806 lbs. per minute.

In a kiln fitted with a moderate quantity of slurry lifters the temperature of the waste gases will be about 750 deg. F. Until comparatively recently it was not generally recognised that the temperature of the exit gases from a wet-process kiln would be as high as that stated. Attention being directed to the matter efforts were made to reduce it, with what success will be described later.

Typical Heat Balance.

The manner in which the heat of the coal is used, or wasted, may be seen from a Heat Balance, which is given in a condensed form below:

	Per cent. on clinker.
(1) Heat required to evaporate moisture in slurry (40 per cent.) at 212 deg. F.	8.86
(2) Heat required to decompose $CaCO_3$ at 1,650 deg. F.	7.10
(3) Radiation loss from kiln and cooler	3.76
(4) Hot clinker loss at cooler discharge	0.24
(5) Heat lost in waste gases (at 750 deg. F.) which comprise the products of combustion, the steam from the slurry, and the CO_2 from the raw material	8.00
Total	27.96
Deduct for exothermic reaction during clinkering	1.50
Kiln consumption standard coal, per cent.	26.46

The various items which make up the Heat Balance will be considered in detail in a future article.

Dry coal of 7,000 calories, or 12,600 B.T.U.'s per lb., is referred to as standard coal, and heat quantities are conveniently expressed for the purposes of rotary-kiln tests in standard coal reckoned as a percentage of the clinker produced. Thus in item 5 of the Heat Balance the waste-gas loss is 8 tons of standard coal per 100 tons of clinker produced; this would generally be expressed by saying that the waste-gas loss is 8 per cent. on the clinker. If the kiln is making 8 tons of clinker per hour the actual loss is:

$$8 \times 2{,}240 \times \frac{8}{100} \times 12{,}600 = 18{,}063{,}360 \text{ B.T.U.'s per hour.}$$

The waste-gas loss and similar losses are reckoned above 60 deg. F. and the calorific value of the coal is measured from the same datum. The standard coal consumption of any kiln is obtained from the measured coal consumption, by suitably correcting for the moisture and calorific value of the coal actually used.

The figures quoted may be taken as typical of the performance of a rotary kiln 200 ft. in length, in good working order, and containing about 400 sq. ft. of slurry lifters. The writer has obtained such figures from carefully conducted tests extending over a period of several weeks.

KILN DETAILS.

Attention will next be given to some of the more important details which affect the successful working of the kiln.

Slurry Feed.

An apparatus which can be relied upon to feed the slurry to the kiln at a uniform rate is very desirable. When the kiln is on full output an excess of

slurry coming into the clinkering zone, due to an irregular feed, cannot always be satisfactorily clinkered; possibly the kiln may have to be stopped and much coal wasted.

Two well-known types of slurry feed are described below:

(1) **Adjustable Orifice with Constant Head.**—A diagram of the apparatus is shown in Fig. 2. The reference letters and the corresponding table will make the general arrangement clear.

The head of slurry is maintained at about 30 in. The feed is regulated by

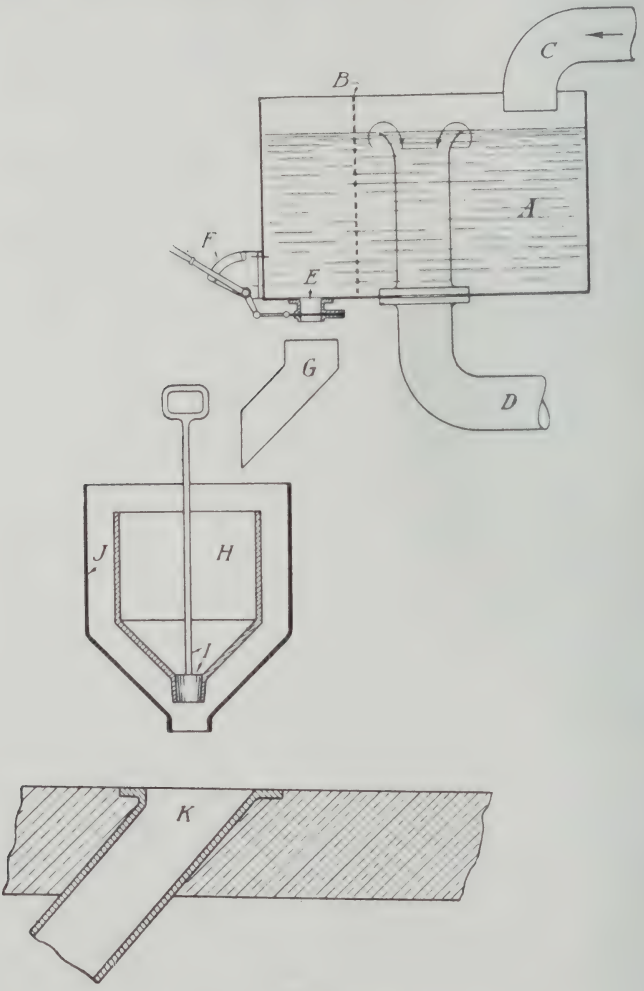


Fig. 2.

A, Slurry feed tank; B, Wire screen; C, Slurry feed pipe from pumps; D, Overflow pipe to mixers; E, Outlet orifice and slide valve: F, Operating lever and graduated sector; G, Discharge chute; H, Slurry measuring vessel; I, Wood plug and handle; J, Overflow vessel; K, Slurry feed pipe to kiln

the operating lever (G), which moves against a graduated quadrant and uncovers, more or less, an elongated orifice cut through a brass sliding plate.

On its way to the kiln the slurry passes through the measuring vessel (H); normally the conical wood plug is not inserted, but when a measurement of the rate of slurry feed is required the plug is quickly put into position and the time taken for the slurry to fill up to overflow level is measured by a stop watch. To complete the calculation the capacity of the slurry measuring vessel must be known in terms of equivalent clinker. As a check on the kiln output the measurement is approximate only.

This type of apparatus has been frequently tested by the writer, and it was generally found that the rate of feed, with a definite orifice opening, although often uniform, might vary from 5 to 8 per cent. over a 24-hour period. Occasionally much greater variations were measured, but experiments extending over a considerable period would be required in order to obtain an adequate explanation of this result.

Since a want of uniformity in the slurry feed reduces the output of the kiln, a certain amount of research work could usefully be done by the management wherever this type of apparatus is installed. To adjust the rate of feed the kiln-burner has to walk from the burning platform to the slurry feed tank, but this is no disadvantage as adjustments should not often be necessary and are not desirable. If the kiln has to be stopped from any cause as a temporary measure, the chute (G) in Fig. 2 can be deflected by a wire rope operated from the burning platform, the slurry feed then returning by the overflow pipe to the mixers.

The advantages of this type of slurry feed are (*a*) it is relatively cheap, and (*b*) it requires no power to operate it.

(2) **Rotary Slurry Feed.**—The feeder illustrated in Fig. 3 measures out a definite volume of slurry per revolution, so that its substantial accuracy should not be affected by any reasonable variation in the fluidity of the slurry. The reference letters and table will make the general arrangement clear. Slurry is pumped into one compartment of the feed tank (A) in excess of the requirements of the kiln; the surplus escapes by an opening (C) in one end. The slurry level inside the tank is substantially that of the base (G) of the opening (C). Each scoop delivers a definite volume of slurry to a compartment of the central drum (E), from one end of which it passes into a second compartment of the tank and hence through the discharge pipe (I) to the kiln. The scoop wheel is usually driven by a geared motor at a speed of about 15 r.p.m.

The regulation of the speed (and hence the rate of slurry feed) by a variable-speed controller on the burning platform is not altogether satisfactory, and with alternating current there is some difficulty in getting a sufficient range of speed variation, although a small feed is only required when the kiln is being started up after a lengthy stop.

An alternative method is to make the lower edge (G) of the overflow opening adjustable vertically by means of a sliding plate operated by a screw. By lower-

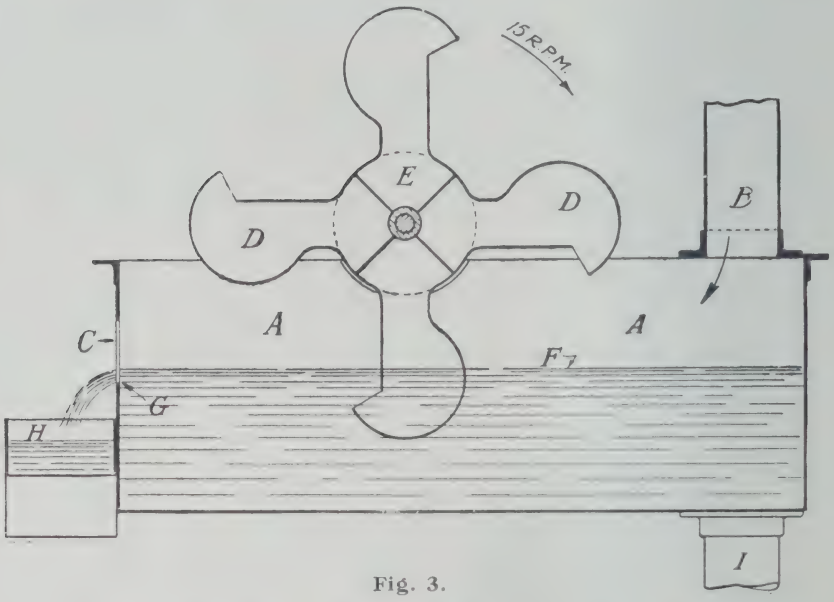


Fig. 3.

A, Slurry feed tank in two compartments; B, Slurry supply pipe; C, Overflow opening; D, Slurry scoops; E, Central drum delivering to other compartment of tank; F, Normal slurry level; G, Lip of overflow opening; H, Slurry return to mixers; I, Slurry discharge pipe to kiln.

ing the slurry level in the feed tank a slow rate of feed can be obtained for starting-up purposes at the usual speed of the driving motor. All that is needed on the burning platform is a switch to start and stop the motor.

It is not customary in practice to provide a method of readily obtaining, at any time, the volume of slurry delivered per revolution by the rotary feeder, so that its uniformity under varying conditions of slurry moisture, and fluidity, has generally been assumed, and perhaps rightly.

Coal Feed.

We will assume the coal to be dried to 1 per cent. of moisture, ground to a residue of 10 per cent. on 180², and stored in a hopper suspended above the burning platform. A good arrangement of coal feed is shown in Fig. 4. The opening at the bottom of the hopper should not be less than 2 ft. by 1 ft. 6 in. Two screws are used; they may extract as much as 70 per cent. of the volume due to their diameter and pitch. Clear of the hopper the pitch is increased. The screws are usually driven by a variable speed mechanism, which will allow the revolutions per minute to be closely adjusted throughout a 2 to 1 range, or similar. A Reeves variable speeder is often used, or a friction disc. The screws deliver the coal into a funnel-shaped casting (E) in the coal-firing pipe. The part where the coal enters is a zone of high air velocity and consequently of low pressure; hence by suitable design it may be arranged that there is a small suction on the coal-feed screws.

Experience has shown that there will be a tendency for the coal to pack tightly in the base of the hopper (A) and to hang up in part, so that at times the feed-screws do not deliver the volume of coal which would be normally expected from their diameter and pitch. The deficit is increased if the coal is not properly dried. Its occurrence is indicated by a fall of temperature in the clinkering zone without apparent cause. Again, if the hopper is allowed to become partly empty a hollow space may form down the centre; after a time the circumferential material falls in and the finely-ground coal has a tendency to flow like water past the feed screws and so on to the coal firing pipe. The excess of coal feed is indicated by the emission of black smoke at the chimney top.

In the design indicated in Fig. 4 the use of two feed screws placed as close as possible to the base of a relatively large opening minimises the tendency for the coal to hang up, and poke holes are provided. Flushing is prevented

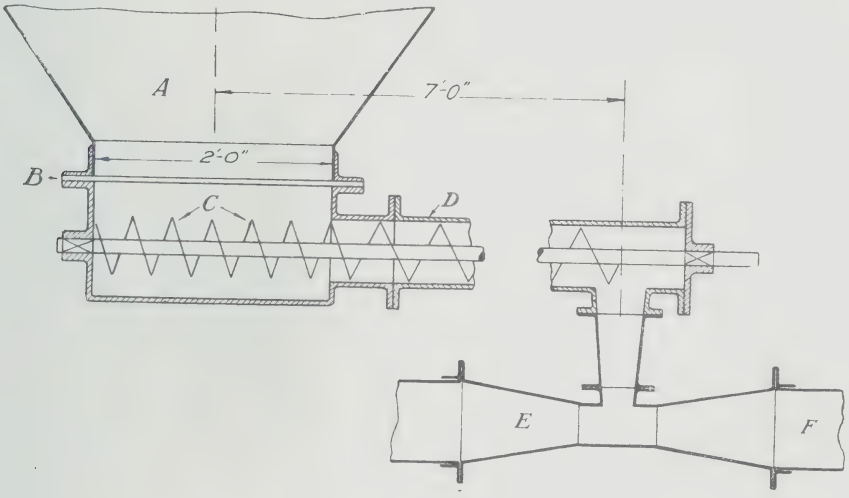


Fig. 4.

A, Powdered coal hopper; B, Slide door; C, Coal feed screws, two; D, Circular casing for each screw; E, Venturi casting for coal feed; F, Coal firing pipe to kiln

in part by reducing to a minimum the clearance between the spiral and the casing (D); the latter should be bored out. Even then flushing is not always prevented, and it is found desirable, and generally effective, to keep the hopper full, or nearly so.

Various other devices have been used to prevent flushing, but the writer has found the relatively simple arrangement shown in Fig. 4 to be quite satisfactory if attention is paid to the points previously indicated.

Coal Firing Nozzle.—The coal may enter the kiln through a 7-in. diameter nozzle, the air velocity being about 150 ft. per second and the temperature

150 deg. F. A simple circular nozzle is all that is required, although various other shapes have been tried. Under the above conditions the clinkering zone is formed in a convenient position along the kiln. If the coal is dry and finely ground, and hot air is used to inject it, ignition may take place rather too quickly. The clinkering position is then not sufficiently far from the outlet end of the kiln to allow the burner to deal with relatively unburned clinker.

Control of Burning Operation.

Standing at the lower end of the kiln the burner watches the clinkering operation through an opening in the kiln hood, using a square of coloured glass. His chief duty is to see that the material in the position where clinkering usually takes place, some 20 ft. from the kiln end, has reached the proper temperature. This is estimated by the colour. The burner may be able to see the material for some 15 to 20 ft. beyond the clinkering position, and in this length the colour perceptibly changes, reaching a white heat as clinkering becomes complete.

With a uniform slurry feed adjusted to a suitable speed of the kiln the r.p.m. of the coal-feed screws might be expected to remain sensibly uniform. On the wet process such uniformity may at times occur for two to three hours or more. The balance is upset possibly by the pulverised coal hanging up a little in the feed hopper, or a small clinker ring may break away thus allowing an excess of material to come down the kiln. Should it be apparent that the material approaching the clinkering position is too low in temperature, the burner usually increases the coal feed and at the same time reduces the speed of the kiln. The rate of the approach of the material to the clinkering position (normally about 16 in. per minute for a 200-ft. kiln) is slowed down for the time being, and the temperature in the clinkering zone is somewhat increased; then in a few minutes conditions generally become normal again without any underburnt material having left the kiln.

With a kiln working on full output, however, it is not easy to impart much additional heat to the material in or near the clinkering position, owing to lack of time and surface. Most of the heat due to the extra coal burned is transferred to the material farther along the kiln. If the increased coal feed exceeds 10 per cent. of the normal there may not be enough air present to burn it, and black smoke makes its appearance at the chimney top.

For ordinary losses of temperature in the clinkering zone it should not be necessary to reduce the slurry feed, since the material takes about $2\frac{1}{2}$ hours to pass through the kiln. Hence any temporary reduction of slurry feed would not affect the situation in the clinkering zone until long after the kiln had regained its normal temperature. The writer has, however, seen large losses of clinker output occasioned in this manner.

Slope and Speed of Kiln, and Volume of Charge.

Normal figures for a wet-process kiln 200 ft. long such as we are now considering would be slope of kiln 1 in 24, speed of kiln 0.85 r.p.m.

Practice shows that the charge in the kiln after it is dry will take approximately the position shown in Fig. 5, where A C B is inclined at the natural slope

of the material, and the charge volume, represented in cross-section by the area A C B D, may be about $7\frac{1}{2}$ per cent. of the kiln volume reckoned inside the lining. This includes for a clinkering zone of normal dimensions. Due to the rotation of the kiln the material of the charge circulates as shown by the arrows.

Assuming in the first instance that the material throughout the kiln is dry, and suffers no chemical change, it is apparent that:

$$\frac{\text{Total charge in tons}}{\text{Feed per hour in tons}} = \text{Time of material in kiln in hours.}$$

Turning to an actual wet-process kiln the calculation has to be made separately for each zone, i.e. (*a*) evaporation, (*b*) raising temperature, (*c*) decomposition of $CaCO_3$, and (*d*) raising temperature. For a 200-ft. kiln with a charge volume of $7\frac{1}{2}$ per cent. the time required works out at $2\frac{1}{2}$ hours.

Since the output of a rotary kiln over a wide range of sizes has been found

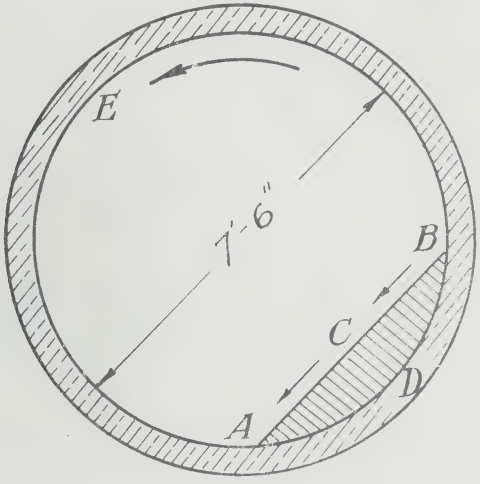


Fig. 5.

by experiment to be approximately proportional to the volume calculated inside the lining, if we assume the charge ratio to be the same in all cases (for instance, $7\frac{1}{2}$ per cent.) it follows that the material passes through all kilns, long or short, in the same period of time, viz. $2\frac{1}{2}$ hours. It is proposed to try out this matter by experiment and to return to the subject in a later article.

A slight increase of speed will reduce the time of the material in the kiln, and therefore reduce the charge volume. Also, a slight reduction of slope would increase the time the material remained in the kiln and would increase the charge volume. Hence it is apparent that there is a range of values for the slope and speed respectively which will retain a charge volume of $7\frac{1}{2}$ per cent.

Many earlier kilns of 150 to 200 ft. in length have been driven from line shafting, two sets of fast and loose pulleys being used giving a fast speed of

1 r.p.m. and a slow speed of $\frac{1}{2}$ r.p.m. Latterly most kilns have been driven by belt from a slow-speed motor having a speed variation of 2 to 1 or thereabouts.

Method of Heat Transmission.

The surface (A C B) of the charge receives heat directly from the hot gases by convection; it also receives heat by radiation from the portion of the kiln circumference (A E B). The surface (A D B) of the charge receives heat by convection, by radiation, and by conduction. It is proposed to deal with the actual rates of heat exchange in a future article.

Connection between Kiln and Cooler.

During the development of the rotary kiln the arrangement by which the red (or white) hot clinker was conveyed from the kiln to the cooler probably gave

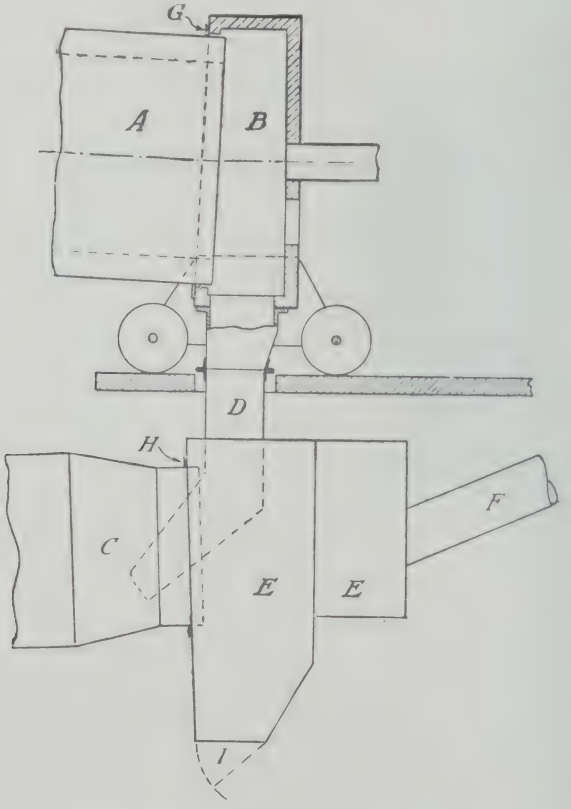


Fig. 6.

A, Rotary kiln; B, Kiln hood; C, Cooler; D, Iron clinker chute; E, Cooler hood; F, Suction pipe from coal firing fan; G, Kiln hood packing rings; H, Cooler hood packing rings; I, Discharge door for spill.

more trouble than any other part of the apparatus. An early design once generally used is shown in Fig. 6, suitable reference letters being attached. The clinker chute (D) was intended to serve the double purpose of conveying the hot clinker from the kiln to the cooler and the preheated air from the cooler to the kiln.

The laws governing the flow of air were not at that time generally understood. The draught in the kiln hood due to the kiln chimney was only sufficient to draw up a relatively small quantity of air through the clinker chute. Consequently the latter became red hot and soon burnt away. Additional hot air was secured for the kiln by coupling up the suction pipe of the coal-firing fan to the cooler hood (E), but the arrangement was rendered much worse than it need have been by the crude nature of the air packing-rings at the kiln and cooler hoods. The kiln packing-ring consisted of an annular plate about 6 in. by $\frac{3}{8}$ in. in cross section. It was fitted around the kiln end and bolted up to the face of the hood. The plate was divided into four quadrants each of which could be separately adjusted to the circumference of the kiln since the bolt holes were slotted. When the kiln was new and truly circular at the packing ring, and if the kiln end ran true on the supporting rollers, the packing was satisfactory. Owing to the heat, however, the kiln end soon became distorted and the quadrants of the packing ring were pushed back leaving large gaps, with the result that cold air entered the kiln hood by packing-ring leakage more easily than hot air could come up the clinker chute.

In the cooler hood (E) conditions were much the same. A draught was produced in the cooler hood by the pipe (F) and cold air entered the hood by packing-ring leakage more easily than it could come through the cooler, the more so because the orifice at the cooler end was obstructed to a serious extent by the lower end of the clinker chute. As a result very little of the air necessary for combustion in the kiln came through the cooler, and the heat of the clinker leaving the kiln was expended in making the shell of the cooler red hot and in burning out the longitudinal cascading channels which were provided in the cooler interior. The clinker also left the cooler at a relatively high temperature.

The use of higher chimneys, and consequently the provision of more draught in the kiln hood, did not improve matters until packing-ring leakage was eliminated. The writer tested two or three early kilns in which 75 per cent. of the air required for combustion was supplied either by the coal firing nozzle, or by cold air leakage into the kiln hood. Such leakage reduced by a corresponding amount the air which could be drawn through the cooler and preheated, and the proportion of heat recovered from the hot clinker was correspondingly reduced.

Heat of Clinker leaving Kiln.

If the quantity of heat stored in the clinker leaving the kiln is all wasted the increased coal consumption which will result may be calculated as follows:

The recoverable heat in one ton of clinker, reckoned over the range 2,200 deg. to 200 deg. F., with a specific heat of 0.24, is

$$\frac{2{,}000 \times 0.24 \times 2{,}240}{12{,}600} = 85.4 \text{ lbs. standard coal.}$$

Expressed in relation to the clinker produced the amount becomes

$$\frac{85.4 \times 100}{2{,}240} = 3.81 \text{ per cent.}$$

This is not, however, the whole story since additional coal has to be burned in the kiln to replace the heat lost in the clinker; of this extra heat about 20 per cent. will go up the kiln chimney as waste gas, so that the actual increase of coal consumption due to the failure of the cooler to recover the heat of the clinker would be

$$\frac{3.81}{0.80} = 4.76 \text{ per cent. on the clinker.}$$

Without a cooler, therefore, the standard coal consumption of the kiln whose Heat Balance is given earlier in this article would rise from 26.45 to 31.21 per cent.

Modern Improvements.

A substantial step forward was made by fitting self-adjusting packing rings to the kiln and cooler hoods and applying forced draught to the cooler. The upper end of the cooler was also lined with firebrick for about one-third of the length. By forcing through the cooler the correct amount of air needed for combustion in the kiln (less any cold air entering by the coal firing fan) the radiation loss from the cooler shell was greatly reduced and the clinker leaving the cooler was sufficiently cooled. Damage to the internal iron parts of the cooler and to the iron clinker chute was also prevented. Some really efficient kiln plants have been operated on these lines.

During the last few years, however, a clinker chute composed entirely of firebrick has come generally into use; it provides an ample air way between the kiln and cooler and repairs are very seldom needed. The arrangement is shown in Fig. 7, suitable reference letters being attached. For a 200-ft. kiln the minimum area in cross section of the firebrick chute would be about 9 square feet.

The steel-plate packing ring for the kiln hood is bored out about 2 in. larger in diameter than the kiln end, and it moves freely between two angle rings which are riveted to the kiln shell. The outer circumference of the packing ring fits easily into an angle ring which is riveted to the kiln hood. It is apparent that the kiln end may run considerably out of truth or shift longitudinally without reducing the effectiveness of the arrangement.

Fuel Losses in Early Kilns: Summary.

In England the early rotary kilns, mainly on the wet process, were approximately 100 ft. in length. We have already seen that due to excessive packing-ring leakage and to the restricted airway between the kiln and cooler the heat

of the clinker leaving the kiln was mostly wasted. Cold air in-leakage was also the source of further loss. Owing to the high brick chimneys used, and the consequent draught available in the kiln hood, the packing-ring leakage in many cases caused the air used for combustion to be in excess by 40 or 50 per cent. The excess air increased both the quantity and the temperature of the waste gases, and thus the waste-gas loss. Hence, due to the above causes and to others referred to below, the standard coal consumption of the early 100-ft. wet-process kilns usually ranged from 34 to 38 per cent.

Since that period the main reduction in coal consumption in kilns ranging

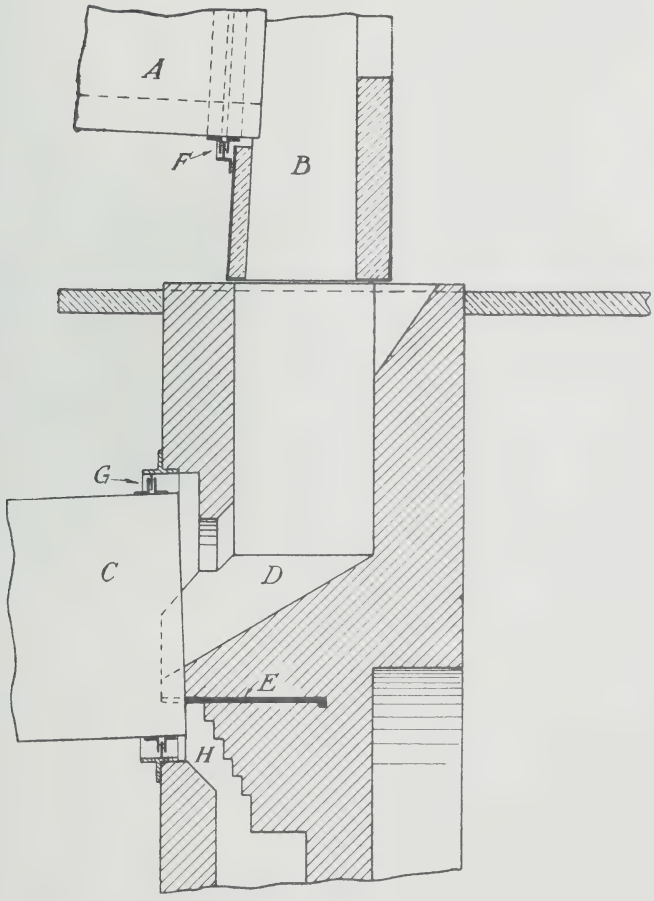


Fig. 7.

A, Rotary kiln; B, Kiln hood; C, Cooler; D, Brickwork clinker shoot; E, Iron bar supports for projecting brickwork; F, Kiln hood packing ring; G, Cooler hood packing ring; H, Spillway for clinker.

from 100 to 250 ft. has not been due to an increase of length, but to other causes, the more important of which are now summarised as follows:

(*a*) Better recovery of the heat of the clinker leaving the kiln.

(*b*) Reduction of the excess air used in burning to 5 per cent. or thereabouts.

(*c*) Mechanical details of the kiln and cooler and of the subsidiary plant have been gradually improved. Hence continuous running is now much more easily achieved, and less coal is required to heat and reheat the kiln.

(*d*) Longer kilns, which are proportionately larger in diameter, have the advantage that clinker rings are less liable to persist in them. In the small-diameter kilns, and with materials relatively low in silica, clinker rings caused frequent stoppages, the effect being to increase the coal consumption and to diminish the output of clinker.

(*To be continued.*)

To Our Contemporaries.

During the short time "Cement and Cement Manufacture" has been published a considerable number of its articles have been reprinted, without permission and without acknowledgment, in other journals dealing with cement. Certain European journals have been the worst offenders in this respect. While we appreciate this recognition of the value of the contents of "Cement and Cement Manufacture," we would point out that the authors of the articles in question are paid by us for their contributions, and that our contributors' fees amount to a very considerable sum. Payment for contributions is, indeed, the second most costly item in the production of this journal.

We have no wish to restrict information of value to cement manufacturers or testers. It is in order to make such information available throughout the world that "Cement and Cement Manufacture" is, at great expense, now published in four languages. Other journals are quite welcome to abstract or reprint our articles providing proper acknowledgment is given; but we strongly object to the piracy of our copyright articles without a statement that they have been taken from this journal.

If this form of theft continues we propose in future to publish the names of the journals concerned, together with a list of the articles stolen without acknowledgment from "Cement and Cement Manufacture." Those journals who apparently endeavour to keep their editorial expenses to a minimum, please note.

The New Hope Cement Works of Messrs. G. & T. Earle, Ltd.

Manufacture of Portland cement was recently commenced at the new factory of Messrs. G. & T. Earle, Ltd., cement manufacturers, of Hull. The site selected is at Hope, on the south-eastern border of the High Peak district of Derbyshire, about midway between Manchester and Sheffield. A private railway connects with the Dore and Chinley branch of the London, Midland and Scottish Railway Company, while road transport for the finished product will be facilitated by the construction of a concrete road from the works to the

Fig. 1.—General View of Factory.

main road leading from Hathersage to Castleton. A brief summary of the directions in which accepted practice has been departed from, and new ideas so far as Great Britain is concerned are now being tried out, will be of interest.

For the first time a gyratory crusher for fine crushing in cement works is being used. Exit gases are led directly into dust-collecting fans. Only three elevators have been fitted throughout the works; one of them lifts coal from the railway wagons into the storage hoppers, the second is for fine coal storage, and the third restores dust from the kiln induced-draught fans back into the kilns. The processes of crushing, grinding, kiln slurry feeding, and the preparation of the clay are all accomplished without the aid of a bucket elevator. There is no tramway in connection with clay-winning and washing.

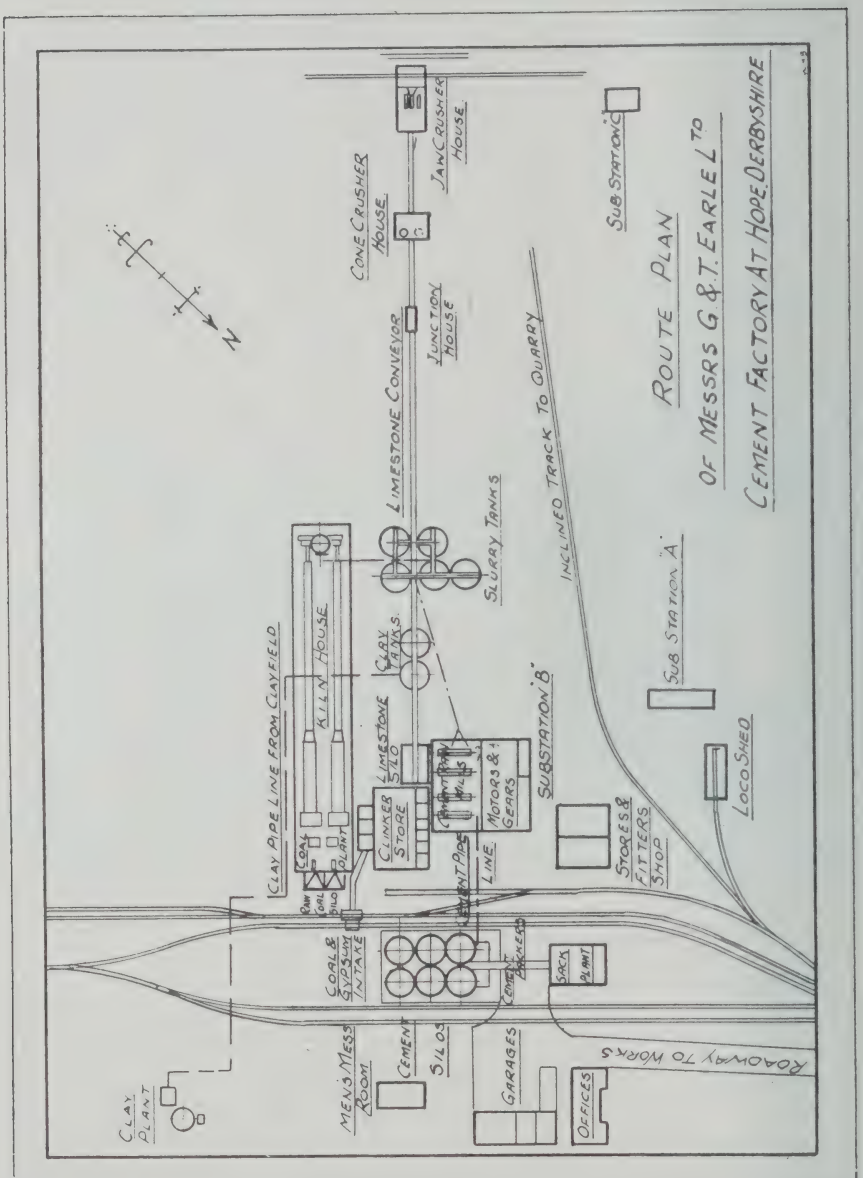

ROUTE PLAN
OF MESSRS G & T. EARLE L TO
CEMENT FACTORY AT HOPE, DERBYSHIRE
CLAY PIPE LINE FROM CLAYFIELD
CLAY PLANT
MEN'S MESS ROOM
CEMENT SILOS
GARAGES
OFFICES
COAL & GYPSUM INTAKE
COAL PLANT
KILN HOUSE
CLINKER STORE
LIMESTONE SILO
CLAY TANKS
CEMENT PIPE LINE
MOTORS & GEARS
SUBSTATION 'B'
SLURRY TANKS
LIMESTONE CONVEYOR
CONE CRUSHER HOUSE
JUNCTION HOUSE
JAW CRUSHER HOUSE
SUB STATION 'C'
INCLINED TRACK TO QUARRY
SUB STATION 'A'
LOCO SHED
STORES & FITTERS SHOP
SACK PLANT
ROADWAY TO WORKS
N

Fig. 2.

The clay is dragged by scraper gear direct from the clay-field into a clay washmill and thence pumped into storage.

The factory is laid out for a cement production of 3,200 tons per week and arranged with a view to future extensions. On visiting the site attention is immediately arrested by the hilly nature of the ground, and one appreciates that the lay-out of the quarries and plant has been to a large extent determined by the contours of the ground. The quarry floor is 875 ft. above ordnance

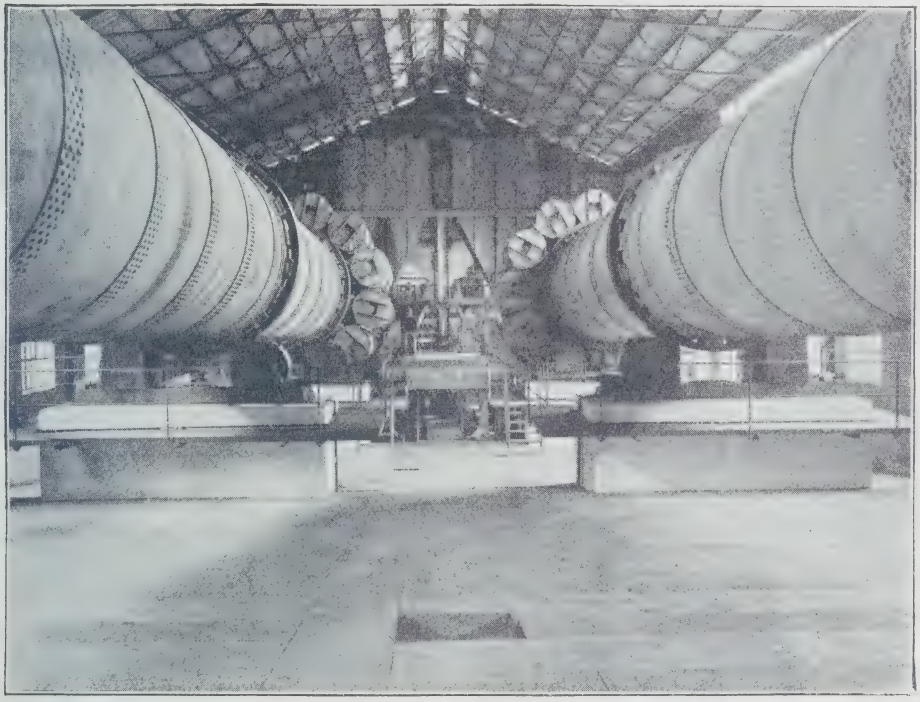


Fig. 3.—Rotary Kilns looking towards the Coolers.

datum, the works themselves finish with the clay washmill at 570 ft. O.D.; thus there is a difference of 305 ft. from highest to lowest levels.

The Quarry.

The limestone is of high quality, practically free from moisture, and contains 97 per cent. of calcium carbonate. A quarry face about 700 ft. in length was opened during the construction of the factory in preparation for large-scale blasting. Shortly before manufacture commenced, the drilling of this face was completed, and at one operation about 30,000 tons of limestone were dislodged and broken to a suitable size for picking up by the electric navvy. The holes, drilled by well drills of the company's own manufacture, were 6 in. in diameter by 35 ft. deep and were exploded simultaneously.

The broken limestone is picked up by an electric navvy with a bucket of $3\frac{1}{2}$ cu. yd. capacity and caterpillar wheels for travelling. The slewing of the jib is accomplished by a self-contained unit operated by its own motor; in fact, a separate motor is provided for each motion. A 110-H.P. motor takes care of the hoisting, while slewing and racking each has its own 40-H.P. power units. Each of the three motions is controlled by a separate reversing-contactor type stator panel with mechanical and electrical interlocks and overload relays. Master controllers fitted with vertical hand-levers actuate these

Fig. 4.—Rotary Kilns from the Firing Floor.

contactors, while two-pole overload protection is provided throughout. Clutches are operated pneumatically with a minimum of effort from the chargeman. The controls provided fully protect the motors, which can be stalled for a considerable interval without damage.

The two electric locomotives used to convey the limestone from the quarry face to the crusher house are each driven by two 27-H.P. motors and are capable of taking a 50-ton load up the steepest quarry gradient, which is 1 in 50, at a speed of 10 miles per hour. Direct current is collected by two collector shoes in contact with a third rail in the centre of the track. The 400-volts 3-phase current is converted to a 250-volt D.C. supply with earthed return to provide the necessary power for these locomotives. Steel wagons of standard

gauge and of 7-cu. yd. capacity are used for conveying limestone to the crusher house.

In the crusher house building is installed the largest jaw crusher yet built in England, having a 6 ft. by 4 ft. opening and weighing about 133 tons. It is capable of taking blocks of stone weighing five tons and crushing them

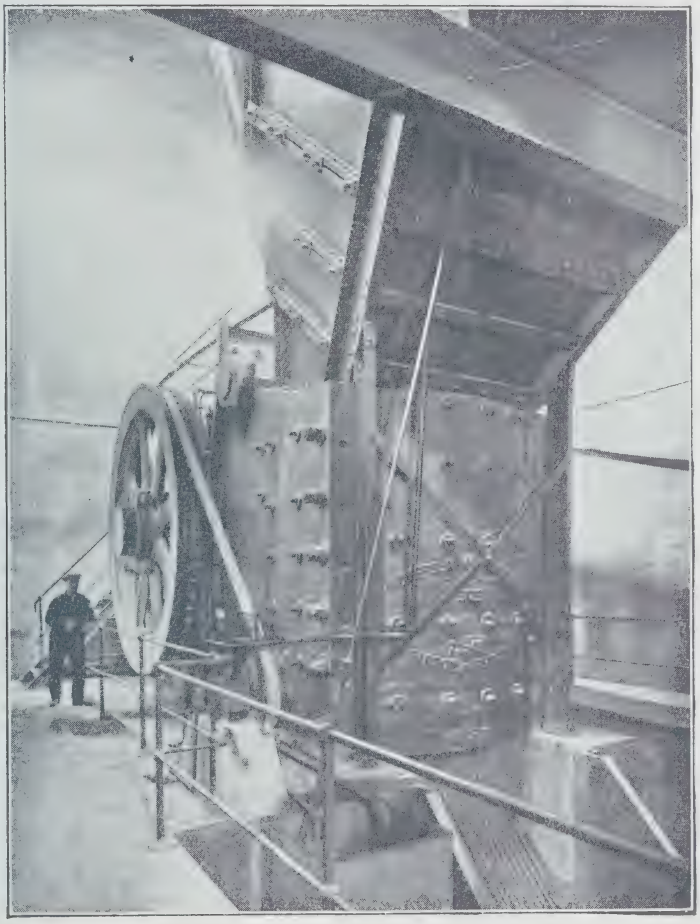


Fig. 5.—72 in. by 48 in. Jaw Crusher.

down to 6 in. size, the output being about 250 tons per hour. This crusher is driven by a 250-H.P. motor, and the crushed stone proceeds to a secondary crusher of the gyratory cone type. The latter crusher differs from the usual run of gyratory crushers in that it has a very much higher speed (about 450 r.p.m.) and the cone is flattened towards the base. In the standard gyratory crusher the largest size stone which can fall through is determined by the distance between the cone and casing at its widest. In this fine crusher, how-

ever, the flattened cone and the high speed delay the exit of the crushed material for at least one complete revolution of the mill. It therefore follows that the largest size stone is regulated by the distance between the closed side of the cone and the casing, and not by the open side. The shock of the crushing is taken by about forty spiral springs, the tightness of which, and

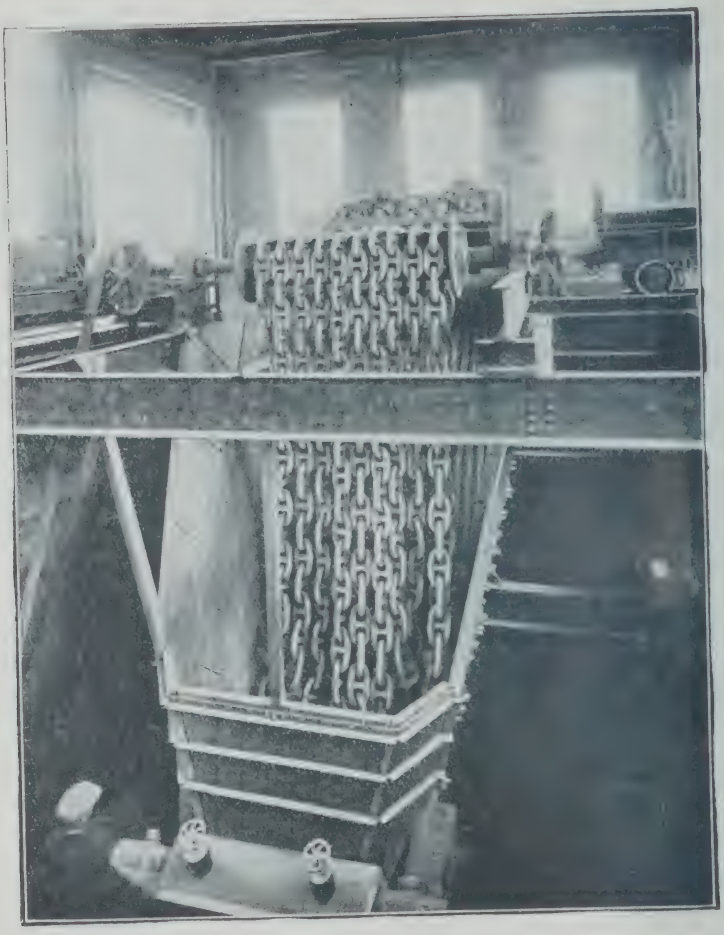


Fig. 6.—Feed to Jaw Crusher.

the size of the crushed product, can be regulated while the machine is running. The weight of this crusher is about 50 tons and its output 225 tons per hour when crushing down to $\frac{1}{2}$ in. size from 12 in. blocks. It is the largest crusher of its type in England.

There is a drop of 198 ft. down the hillside between the jaw crusher entrance and the top of the limestone silos, and this has to be provided for. From the quarry floor to the jaw crusher the stone falls 28 ft. and from thence to the

secondary cone crusher intake a belt conveyor 353 ft. long by 42 in. wide lowers the stone a distance of 59 ft. to the cone crusher. The final descent down the hillside is by a chute in which heavy chains are arranged to check the flow of the stone before reaching a belt conveyor which conveys it to the limestone silo. This silo is built in reinforced concrete and has a capacity

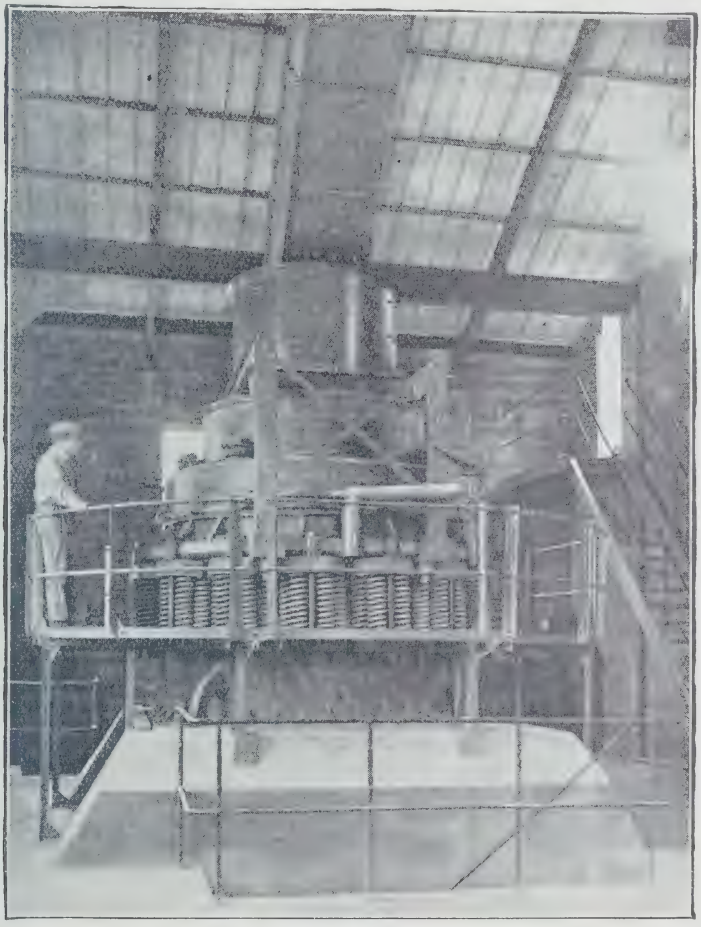


Fig. 7.—Cone Crusher.

of 2,000 tons of stone, and from here the crushed limestone is led direct to the feed tables of two combination mills each 36 ft. long by 7 ft. 2½ in. diameter and driven by 650 H.P. auto-synchronous motors through reduction gearing.

The raw mills, as well as the dry mills mentioned later, are driven direct from the reduction gearing through a coupling and shaft fixed to the mill in line with the axis, thus dispensing with the pinion and spur-ring wheel usually provided for tube mills.

The slurry from the raw mills is run through a motor-driven mechanically-vibrated screen which takes out any coarse matter before the slurry passes to the centrifugal pumps which convey it to the storage tanks.

The slurry storage is accommodated in five reinforced concrete tanks each of about 17,000 cu. ft. capacity, which have no mechanical stirring gear but are provided with compressed-air mixing arrangements through fixed pipes at the bottom of each tank.

Clay Plant.

In the clayfield a washmill of 20 ft. diameter, provided with a 104-H.P. motor, washes the clay at the rate of 60 tons per hour, from which point it is

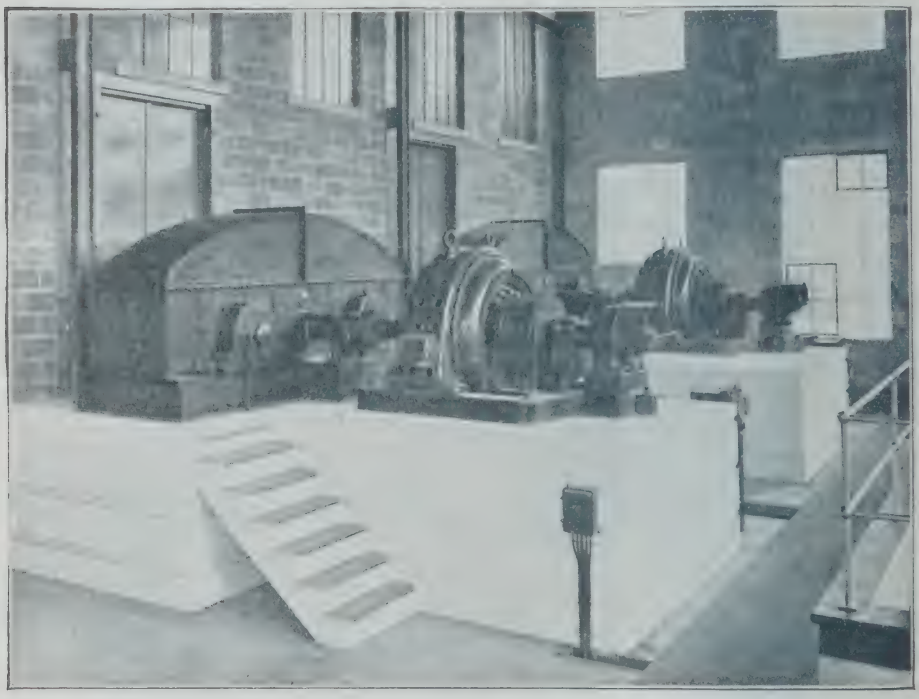


Fig. 8.—Two 650 h.p. Auto-synchronous Motors, with Reduction Gear, Driving the Wet Mills.

pumped to the works by plunger pumps into two clay tanks each holding about 620 tons of clay.

The method of winning the clay is by means of a scraper digger having a 3-yd. bucket and capable of an output of 60 tons per hour with a maximum length of haul on the ropeway of 830 ft. A 150-H.P. motor provides power for this scraper, which, working one shift per day, provides clay sufficient for the output of the factory.

From the clay washmill the " slip " is pumped to the works 780 yds. distant, where it is stored in two clay tanks each holding 620 tons of clay " slip." From these tanks the " slip " gravitates through a float-valve into a measuring tank from whence two bucket wheels with variable-speed control supply measured quantities to the mills, also by gravity. The means by which the " slip " in the measuring tank is kept at constant level by means of a float valve is of interest. The float, instead of acting directly upon the valve, is fitted with contactor gear and a small motor which turns the valve wheel backwards and forwards according to the varying pressures from the clay tank and the filling requirements of the mills.

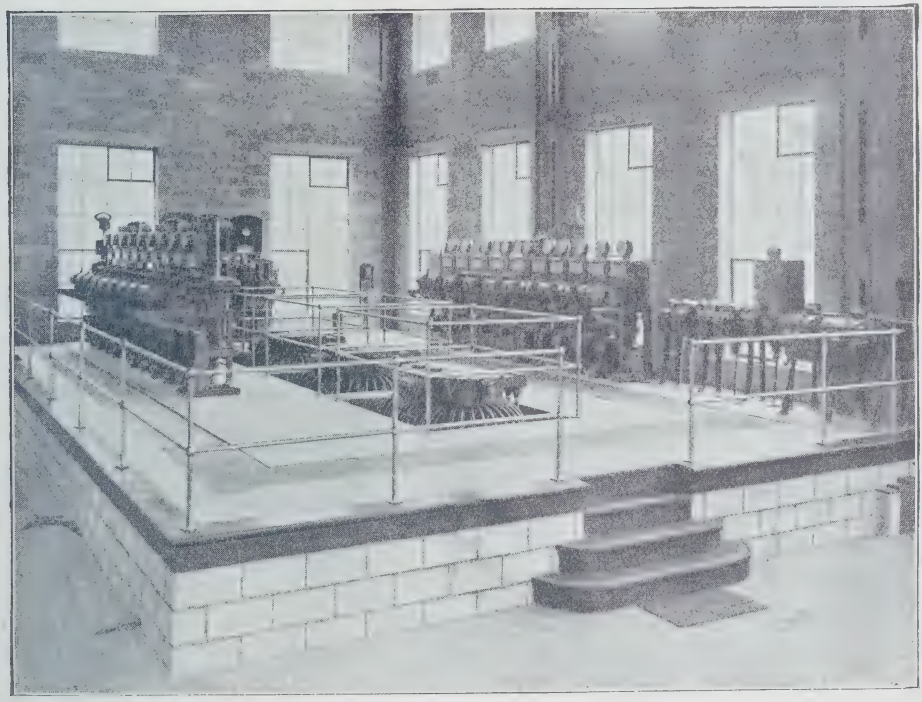


Fig. 9.—Main Switchboard and 3,000/400-Volt Transformers.

Kiln House.

Two kilns are housed in the kiln building, which also accommodates the coal grinding mills. The kilns are 276 ft. long by 8 ft. 4½ in. diameter with enlarged burning zones 46 ft. long by 10 ft. 4 in. diameter, each having a rated capacity of about 10 tons of clinker per hour. The coolers are of the latest design, comprising twelve integral coolers arranged around the periphery of the kiln itself. These coolers are fitted with a large number of hanging chains which, as the kiln rotates, alternately become buried in the clinker and acquire part of the clinker heat in order to give it out again to the ingoing cold air when the movement of the kiln raises them from the hot clinker.

From the kilns the clinker drops on to a belt conveyor made of special fabric and designed to withstand hot temperatures. This conveyor carries the clinker into a small pit which is emptied at frequent intervals by means of an overhead crane and grab which dumps the clinker into a store having a capacity of 3,350 tons at floor level.

In the kiln house building behind the burner's platform is situated the coal-grinding plant. This consists of combination ball and tube mills through which hot air from the clinker coolers passes, thus combining the operation of drying

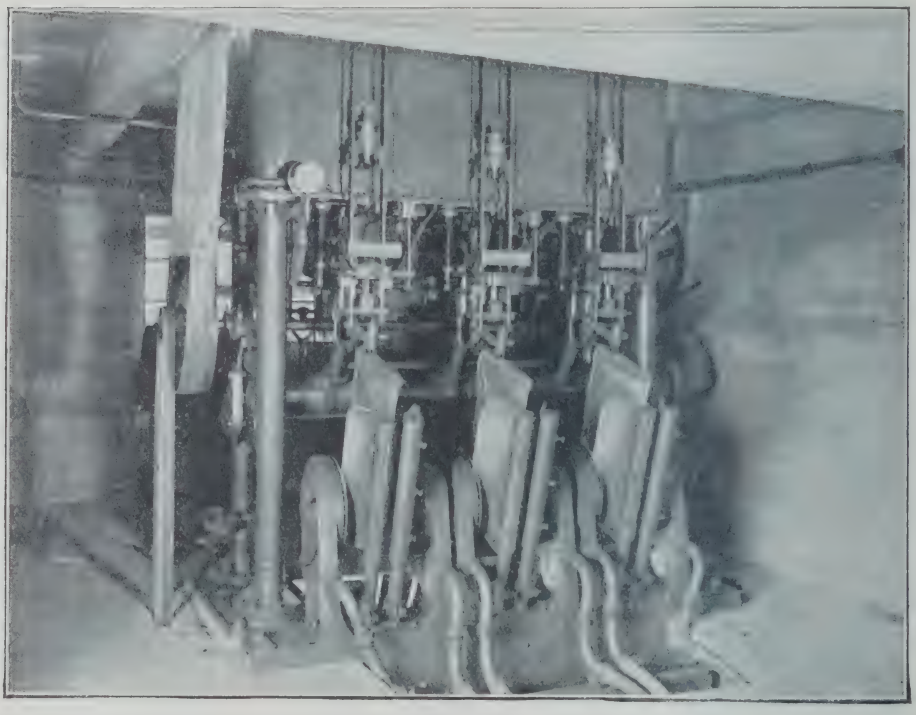


Fig. 10.—One of the Packing Machines.

and grinding and dispensing with the necessity for a coal drier. The coal is recovered from the hot air by means of a cyclone and elevated to fine coal storage bins, thus enabling the coal mills to be shut down at intervals for repairs and also enabling them to be run at full output when the kiln consumption is less than the mill capacity.

Coal is received at the works sidings in railway wagons which are run on to a tippler from whence the coal is elevated to reinforced concrete coal silos at the rate of 120 tons per hour. The same tippler is also used for discharging gypsum in bulk, a by-pass conveyor being provided for this purpose.

Grinding.

The grinding department of this works is a spacious building combining both the raw and clinker grinding mills. The building is divided by a partition, on one side of which are the high and low tension switchboards together with the reduction gears and motors, which are fitted to all the mills. A slow-speed shaft for each mill projects through the wall into the grinding room proper, in which are also placed the pumps for transporting both the slurry and the finished cement.

Cement Mills.

These mills (two in number) are similar to the raw mills of 36 ft. length

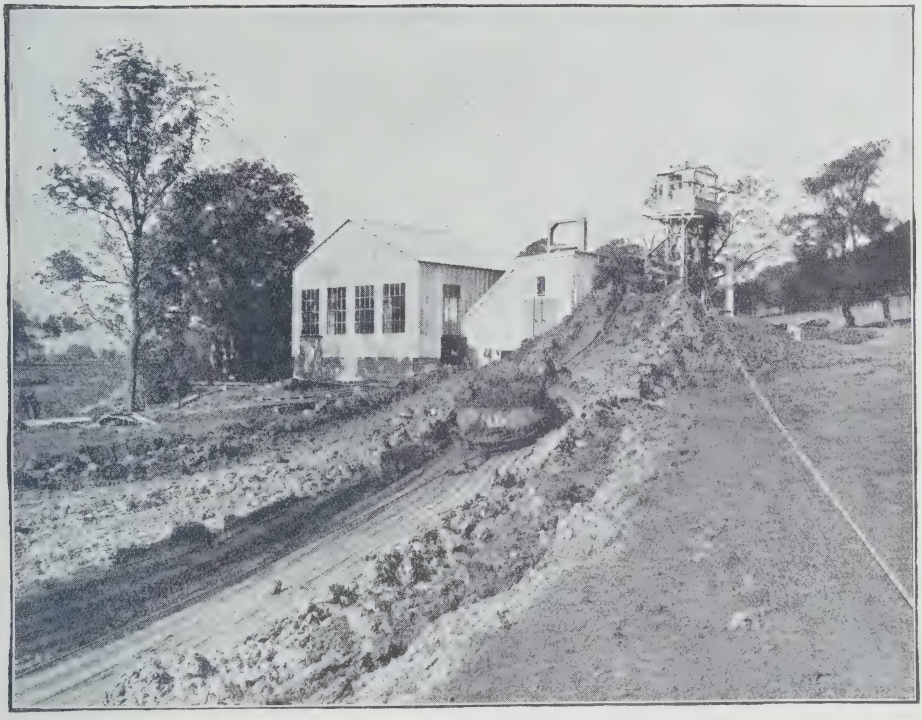


Fig. 11.—Drag-line Excavator (Capacity 4 tons).

and 7 ft. 2½ in. diameter, but are fitted with 750-H.P. auto-synchronous motors working at 3,000 volts. From the cement mills the cement is transported to storage by a pneumatic system through a pipeline 336 ft. long and 4 in. in diameter. The vertical height to which the cement is elevated through this pipe to the silo is 73 ft. 9 in., and four rotary compressors, each having a cubic capacity of 525 ft. at 40 lbs. pressure, provide the necessary power for the system.

The cement from the mills runs into one or other of two tanks fitted with a float valve which is operated by the level of the cement in the tank. The

release of this valve admits air into the tank, which causes the cement to be projected into storage; meanwhile the other tank is being filled in similar manner.

Cement Storage.

Six reinforced concrete silos, each of 1,500 tons capacity, are provided, one being divided into compartments for special grades of cement in small lots. Packing is done automatically, involving the use of valved bags. These bags are hung on the delivery spout of the weighing machine, and when the correct weight of cement flows into them they are automatically discharged from the machine and fall down a chute ready for loading into railway or road vehicles. Above the weighing machines is a special cement storage hopper fitted with mixer arms after the manner of a slurry mixer. A slight and continuous injection of compressed air to the hopper renders the cement of a fluid nature and enables it to flow freely by gravity into the bags.

Power Supply.

For the purpose of providing power to the factory the supply area of the Yorkshire Electric Power Co., Ltd., was extended by the Electricity Commissioners into Derbyshire, to include the village of Hope. An overhead ring line working at 33,000-volts pressure has been extended from the neighbourhood of Sheffield, and in the event of failure on one line the alternative route could be used to maintain the power supply. Motors exceeding 150 H.P. are run at 3,000 volts, while 400-volts pressure is available for motors of 150 H.P. and less. The distribution of the power is accomplished through the medium of four sub-stations. At sub-station " A " two 3,000-K.V.A. transformers and switchgear are provided with facilities for extension to 9,000 K.V.A. In this sub-station the pressure is stepped down from 33 K.V. to 3 K.V. and the lay-out provides for the supply of power and lighting current to the district generally.

Sub-station " B " contains the two metering boards (one the property of the Power Company and the other the property of Messrs. G. & T. Earle, Ltd.) on which are fitted recording instruments to provide a continuous record of units consumed as well as a K.V.A. meter which records the maximum demand in kilovolt-amperes. This instrument comprises a watthour meter and a reactive component meter mounted in the same case and coupled together by a special system of gearing in such a manner that a true integration of kilo-volt-ampere hours is obtained. This meter is guaranteed accurate at all power factors from unity to zero, both leading and lagging.

Maximum demand is ascertained on the Power Company's panel by means of a thermal type indicator. In this instrument the ingoing supply is utilized to heat the air in a differential thermometer tube. The consequent expansion of the air in the bulb pushes a liquid over into a reading tube provided with an indicating scale. The amount of liquid so displaced remains in the reading tube and represents the maximum demand until the instrument is re-set.

In addition, this sub-station provides for the distribution of the power with appropriate switches to all parts of the works, and transformers stepping down to 400 volts for the smaller motors and 230 volts for lighting are here provided.

There is a further subdivision from sub-station " B " into stations " C " and " D," the former of which is situated near the quarry and provides power for the excavator, air compressor and well drills as well as for a motor generator which converts the 3-phase supply to 250 volts D.C. for use on the electric locomotives engaged in hauling the rock from the quarry face to the crusher house. Sub-station " D " is situated in the clayfield and provides power for the washmill, slurry pump and motor supply.

Fig. 12.—View in Quarry.

The works generally have been built in a substantial manner with concrete blocks made of local limestone and cement from the factory of Messrs. G. and T. Earle, Ltd., at Wilmington, and a pleasing grey colour in harmony with the surroundings is obtained. The office block contains the chemical laboratory and testing rooms as well as provision for the Works Manager and his staff, while a visitors' dining room and garage adjoin. All buildings are of fireproof construction and practically no woodwork, other than furniture, is to be seen in the factory. With minor exceptions the works have been planned throughout and the machinery and buildings erected by Messrs. G. & T. Earle's own staff.

The electric navvy is by Ruston & Hornsby, Ltd.; electric locomotives by Metropolitan-Vickers, Ltd.; jaw crusher and clay washmills by Vickers-Armstrongs, Ltd.; gyratory crusher by Symon Bros.; combination mills, pneumatic cement transport, kilns, and bag-packing by F. L. Smidth and

Co., Ltd.; motors for combination mills by Crompton-Parkinson, Ltd.; slurry screen by Sunderland Forge & Engineering Co., Ltd.; dust-collecting fans by Keith, Blackman & Co.; coal-wagon tippler by Mitchell Conveyor and Transport Co., Ltd.; electrical apparatus and instruments by Geo. Ellison, Ltd., Metropolitan-Vickers, Ltd., Reyrolle & Co., Ltd., Crompton-Parkinson, Ltd., and Nalder Bros. & Thompson, Ltd.; underground cables by British Insulated & Helsby Cables, Ltd., and MacIntosh Cable Works Co.; drag-line scraper by Mr. E. F. Sargeant.

The Cement Industry in Japan.

The following is from the Mitsubishi Goshi Kaisha's monthly journal:

The cement market has again become inactive, stocks showing a large increase, especially after June, the total reaching 1,454,054 barrels at the end of August, 1929, almost three times the figure for the same month in 1928. This figure is unusually large, but allowance should be made for the usual summer slackness and the fact that stocks in 1928 were abnormally small.

Output during the first eight months of 1929 totalled 16,995,831 casks, an increase of 2,444,794 barrels compared with the corresponding period in 1928. Sales show an increase of 1,556,830 barrels.

As regards the future, fears of over-production are entertained. As the demand from the Government is usually about 22 per cent. of the total consumption, the retrenchment policy adopted by the new cabinet will cause a decrease in demand through the postponement or suspension of public undertakings. The demand from municipalities and private sources will also be unfavourably affected by the Government policy. Considering these facts, the total demand for cement during 1929 will probably barely equal that of 1928. On the other hand, production should increase on account of the completion of expansion programs of several cement mills.

In view of these circumstances the Japan Cement Mills Association on August 16 decided to enhance the curtailment of production for September, October, and November, the ratio to be increased from 23.7 per cent., as previously, to an average of 36.8 per cent., with a maximum of 40 per cent. and a minimum of 20 per cent.

The Association has also decided to change the method of production curtailment by adopting a sliding system after December last year. The previous method was based on the capacity of each factory and the ratio was variously fixed according to productive capacity. The new method will be to restrict production on the basis of process of production, the ratio to be of general application, except for some smaller mills. The new restriction ratio of 40 per cent. is the largest ever enforced and will cause a heavy reduction in output. As the restriction is confined to production for domestic consumption, the leading companies are now eager to extend exports in order to reduce the cost of production.

The Testing of Cement.

By Dr. G. HAEGERMANN.

(Chief of the Laboratory of the Association of German Portland Cement Manufacturers, Berlin-Karlshorst.)

The object of the testing of cement is the determination of its principal qualities as a constructional material. Essential properties of cement are soundness, setting-time, and strength; fineness, volume, and specific gravity are of less importance. Experience has shown that soundness and setting-time may be ascertained by testing specimens of neat cement, but strength should be determined by cement-sand mixtures.

The test for soundness is very similar in all the standard specifications of the world, consisting of either placing a pat of cement under cold water, or the Le Chatelier test and the Michaelis boiling test if accelerated testing is required. The so-called accelerated tests may give more or less definite results than specimens placed under cold water. Extensive experiments have proved that a cement not complying with the accelerated test may nevertheless be sound in practice. The laboratory of the German Portland Cement Manufacturers' Association possesses samples of cement which did not comply with the accelerated tests but which have not disintegrated even after being stored in open air for a period of 33 years. On the other hand, accelerated tests do not indicate expansion due to the presence of gypsum. The objection to the accelerated test that it has no relation to conditions in practice is undoubtedly justified. Admitting the accelerated test as a necessary preliminary one, the behaviour of a pat of cement placed under cold water should nevertheless be specified as the final test. The Vicat apparatus generally serves for the testing of the setting-time; attempts have been made to replace it by an automatic apparatus, but without success.

The setting-time test should indicate the period after mixing within which the mortar or concrete may be placed without loss of strength. In consequence, standard specifications contain requirements for initial setting. It is the object of testing to ascertain whether the initial set corresponds to the specification, and the Vicat apparatus is suitable for this purpose.

While the initial set indicates the beginning of the reaction between the hydraulic compounds of cement, the final set must be regarded as an arbitrary limit, which represents a certain degree of hardening of no special importance. The majority of standard specifications do not therefore require a definite setting time, and those specifications containing such requirements should be replaced by a strength specification at an early age.

The most simple method of testing for strength would undoubtedly be to use a hardened cement paste composed only of cement and water; unfortunately this method does not indicate the strength of cement when mixed with sand, and tests of neat cement should not therefore be used. The conditions predominating in practice should also be applied to the method of testing

cement in a laboratory. Experience shows that tests of specimens of neat cement do not give results of practical value, and similar observations are then made with standard-sand mortars when dealing with special cements such as natural cements. In other words, the method of testing now in use is only suitable for artificial Portland cements. The standard specifications of most countries include the definition as an essential part of the standard specifications. D. B. Butler[1] in a paper on recent improvements in cement manufacture expressed the opinion that the neat cement test should be retained because, while varieties of Portland cement often give highly satisfactory results, the results of specimens of neat cement are comparatively low. This phenomenon does occur, but it does not indicate the properties of a cement when sands of mixed grain-size and higher water content are used. Whether it will be possible to devise a testing method applicable to all kinds of cement as well as to different manufacturing methods must be decided by further experimental work. The specification of the sand, the water content, the measurement of consistency, the proportion of mixture, the method of mixing, the shape of the specimens, the curing method, and the age at which the specimens are tested, will be necessary if comparable results are to be obtained from mortar specimens of Portland cement, because the alteration of one of these values results in variations of the testing result.

The method of curing and the age of the specimens are fairly uniform in different countries. There is no objection to curing specimens under water at a temperature of 59-64.5 deg. F. after storing them in a damp atmosphere for a period of one day, or to the so-called combined curing method (one day damp atmosphere, six days under water, and 21 days air-of-room temperature). These specifications are generally satisfactory, and no alteration can be recommended.

Specifications differ with regard to the age of the specimens in so far as some standard specifications only provide for testing at ages of 7 and 28 days, while other specifications also require tests at ages of 2 or 3 days. In Austria, as the result of a proposal by Spindel, the ages of testing are limited to 2 and 7 days, the 28 days' test being done away with altogether.

The testing of mortars at an early age has been found especially necessary with early high-strength cements. It is also desirable in order to ascertain quickly the quality of a cement. It is unessential whether an age of 2 or 3 days is fixed. An agreement has been reached in Germany to use the 3-days test, because the results are more uniform after this period than at 2 days. The 28-days' test has also been retained to ascertain whether the strength increases at later ages.

The determination of strength is carried out either by tensile tests only or by tensile and compressive tests. Tensile and compression tests indicate different qualities of the cement, because there is no definite relation between the compressive and the tensile strength. Experience shows that the results of tensile tests differ considerably, and for this reason there is a proposal in

[1] Cement and Cement Manufacture; No. 2, 1929, pages 62/64.

Germany to do away with the tensile test or to replace it by a more suitable test. Tensile stresses are seldom met with in concrete structures, and the true strength of a mortar is best judged by its compressive strength. Hence most attention should be paid to the compression test. If it is proposed to gather information on a further property of strength, the bending test (prisms) may be used instead of the tensile test because tensile and bending strengths are related to each other. It must, however, be mentioned that sufficient experience of the bending test has not yet been obtained to judge its ultimate value. According to the tests so far made they do not seem to differ to the same extent as the tensile test.

The proportion of mixture of the mortars, consisting of one part cement and three parts of sand, which is specified by all standard specifications, is useful and has proved sound, so that it is not necessary to deal with it here.

There are considerable differences in methods of mixing and the moulding of test specimens. In some cases mechanical mixing and in others moulding by hand is specified. The rate of compacting the mortar also is not uniform. Hence rather big differences result by using the two methods.

Mechanical mixing and compacting should be preferred to manufacturing by hand, and the human element eliminated. Mechanical mixing is usually carried out by the Steinbrück-Schmelzer mixing apparatus, while mechanical compacting is done by the Böhme-Martens hammer apparatus or by the Klebe ram. Both apparatus may be regarded as equally suitable, although the hammer apparatus is more extensively used. The ram compacts the specimens to a greater density than the hammer apparatus, so that the results are naturally somewhat higher in the first case, especially at early ages of the specimens. Attempts to bring about an international agreement with regard to the type of compacting apparatus have failed till now, and it is probably unlikely that such an agreement will be realised.

When specimens of plastic mortar are tested instead of specimens of moist mortar, the making of the specimens by hand is the usual practice. In this case the mortar should be so wet that a more or less careful tamping will make no essential difference, thus eliminating any variables due to the human element.

Standard sand is another constant which in an international uniform specification will become a very difficult problem. Apart from the countries in Central and Northern Europe where German standard sand is used, nearly every country in the world possesses its own standard sand in which the size of particles and the chemical composition vary. The specifications differ, too, with regard to the size of particles. Narrow limits are therefore generally specified, so that one may speak of uniform sized standard sand. Those countries which specify sands of mixed size also strictly limit the proportions of different size fractions. Uniform-sized sand has been tried out for the testing of moist mortars; but for testing plastic mortars the use of a mixed-size sand is to be preferred. Uniform-sized standard sand does not satisfactorily hold the water of the mortar, thus exercising a great influence

on the results by loss of water at an early age. It is for this reason that earlier experiments failed when plastic mortars were used. The experience of Féret shows that the possibility of getting comparable results from plastic mortars depends on the use of mixed-sized sands which contain a sufficient quantity of fine-grained material. My own experiments agree with Féret's.

The water content of the mortars is mainly so specified that moist mortars result; only a few exceptions provide higher water content which results in a weakly plastic mortar (United States of America, France and Switzerland).[1] The water content is usually determined by the consistency which results from the necessary amount of water for specimens of neat cement (Vicat apparatus). Otherwise the water content is determined by the issue of water from the moulding of the specimens when compacted by the hammer apparatus or by the ram.[2] Both methods may give different results at the hands of different testers. Moist mortar is rather unsuitable for the determination of the degree of consistency, and for this reason the necessary amount of water is determined by the use of a paste of neat cement. This determination should preferably be carried out by the use of a mortar consisting of cement, mixed-sized sand, and high water content. The use of an incorrect amount of water is a less serious mistake when testing moist mortars, and hence in Germany it is proposed to specify a uniform water content for all cements. It is claimed that moist mortar is too dry compared with the usual consistency of concrete, and that the rate of tamping the specimens is too high. This objection is justified, and hence the tendency in many countries is to test a plastic mortar in future instead of a moist mortar. I may refer to the work done by the International Society for Testing Materials, carried out according to a proposal of Féret and according to the programme of research proposed by Schüle (Zurich). I might also refer to the proposals of R. Féret and M. Ros (Zurich) on the occasion of the International Congress held at Amsterdam in 1927. The experimental results now available will be dealt with in an article on the testing of plastic mortars to be published later.

Many people desire uniform and international methods of testing. A far-reaching agreement already exists with regard to the testing of soundness and setting time; the testing for strength, however, is not yet uniform. It is first necessary to remove the principal divergencies of opinion. There will probably always be a difficulty on the question of standard sand, but it would be, however, a great step forward if uniform specifications with regard to the kind of specimens and the method of manufacturing them were obtained.

The differences of language that have hindered an international discussion hitherto are now removed by the publication of " CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE " in four languages. This journal should be heartily welcomed and supported, for it provides a unique medium of intercourse throughout the world. The specification of plastic mortars, in which many countries are now interested, offers a rare opportunity to specify uniform methods of testing.

[1] Only for the bending test.

[2] The issue of water should take place between the 90th and 110th blow

The Setting and Hardening of Cements.

By Professor C. H. DESCH, F.R.S. (University of Sheffield).

The strength of a mortar or concrete is determined by the reactions which take place between the cement and the water with which it is mixed. In order to obtain better properties from cements it is therefore necessary to understand the reactions which are involved in the processes of setting and hardening. As far back as 1856, A. Winkler suggested that cement was hydrolysed by water into free lime and such compounds of lime with silica and alumina as can be formed by wet reactions. It was in 1887 that Henry Le Chatelier proved that the reactions actually took this form, and by careful chemical and microscopical studies identified some of the products. Comparing the process with the setting of plaster of Paris, he concluded that the strength of the mass after setting was due to the interlacing of bundles of crystals. His observations were made by mixing the cement, or the individual compounds which were believed to be constituents of cement, with an excess of water or other reagents on a glass slide, and noting the crystals formed in the course of time.

It does not follow, however, that when the proportion of water used is less the reactions will take exactly the same course. In 1893, when the interest of chemists in the properties of colloidal substances had been aroused, W. Michaelis put forward the view that the principal product of the action of water on cement was not a crystalline compound but a colloidal mass of variable composition, of which a simple hydrated silicate of lime might form the basis. The aluminates being first decomposed by water, a simpler aluminate may be produced, in a crystalline form if the quantity of water is sufficient, or as a gelatinous mass if less water be present. The silicates of the cement then follow the same course.

An attentive examination of the behaviour of cements with water under the microscope lends much support to this view. The particles of cement swell up, becoming coated with a gelatinous layer in which small crystals subsequently appear. The hardness which results when the excess of water has been given up may then be partly due to the interlacing of crystals, but probably much more to the drying of the colloidal mass, yielding a glassy product. It is true that since this work was done the difference between colloids and crystalline substances has become less sharp, as examination by means of X-rays has shown that many colloidal substances are actually composed of crystals, although of very minute size. There is still, however, such an obvious difference between crystals of appreciable size and colloids that we may conveniently retain the distinction.

The decomposition of the constituents of cement by water, which is a reaction of the type known to chemists as hydrolysis, can take place progressively. Part of the lime is removed in the form of the soluble hydroxide, leaving a less basic aluminate or silicate. By the further action of water more lime may be removed, and the final stage is only reached when the residue consists of pure

gelatinous silica in the one case or of pure gelatinous alumina in the other. As water disappears by evaporation the solution of lime becomes more concentrated, and some of the lime may recombine with the acid residues. This is a slow process, as the colloids become less reactive as they lose water.

These results have been obtained by several investigators, and it is clear that it is impossible to represent the changes which occur in setting and hardening by a set of simple chemical equations. The products must vary in composition according to the proportions of the reacting substances, so that the result of mixing a mortar with lime water, for instance, would not be the same as if the same quantity of pure water were used, as the hydrolysis in the former case would not proceed so far. Again, if a fine active pozzolanic material be added, the lime may be taken up into combination as it is liberated, thus favouring a progressive reaction. From the point of view of resistance to fire, and also to the action of chemical solvents, such as sea water or moorland waters, it is desirable to have as little free lime (hydroxide) in the mortar or concrete as possible, the mass being composed of silicates and aluminates which are not excessively basic. This may be ensured by the addition of pozzolanic materials or in other ways. It is of undoubted importance.

The finer grinding of cements which has now become general makes it possible for the reactions to proceed more rapidly and more completely. After a particle has once become coated with a gelatinous layer further reaction has to take place by diffusion through that layer, a comparatively slow process. If, at the same time, the layer is undergoing such changes as to become hard and impervious, the reaction comes to an end while there is still a core of unchanged material no longer accessible to reaction. The cement represented by that core is wasted, since it is only playing the part of sand or other inert matter.

In further studies of this subject, the rate of diffusion of water and solvents through these layers deserves further consideration. The constitution of clinker is now fairly well known, but the allied study of the processes of setting and hardening has made less progress, in spite of the very extensive literature on the subject. The writer believes that scientific investigation of this part of the physical chemistry of cements is likely to have an important bearing on future technical progress.

German Exports.

The following are extracts from reports of the West-Deutscher Zement-Verband issued in regard to the past year: " Measured in terms of cost and production the German cement industry would be entirely unable to compete with foreign competition. If we maintain our exports it is only due to the fact that customers pay us better prices for our cement than most foreign competitors. Export prices show such a rapidly falling tendency that the German cement industry can hardly follow."

Recent Cement Plants.

We illustrate some of the more important cement-making plants carried out recently by Messrs. Vickers-Armstrongs, Ltd. Amongst these may be mentioned twelve kilns for the largest group of cement manufacturers in England; the complete installation of the Holborough Cement Works, Snodland, Kent, with a capacity of 180,000 tons of cement per annum; the supply of the cement-making machinery for Eastwoods Cement Works, Barrington, Cambs. (capacity 120,000 tons per annum); rotary kiln and grinding mill for the Commonwealth Portland Cement Co. of Australia; also three rotary kilns for Synthetic Ammonia & Nitrates, Ltd. (a branch of Imperial Chemical

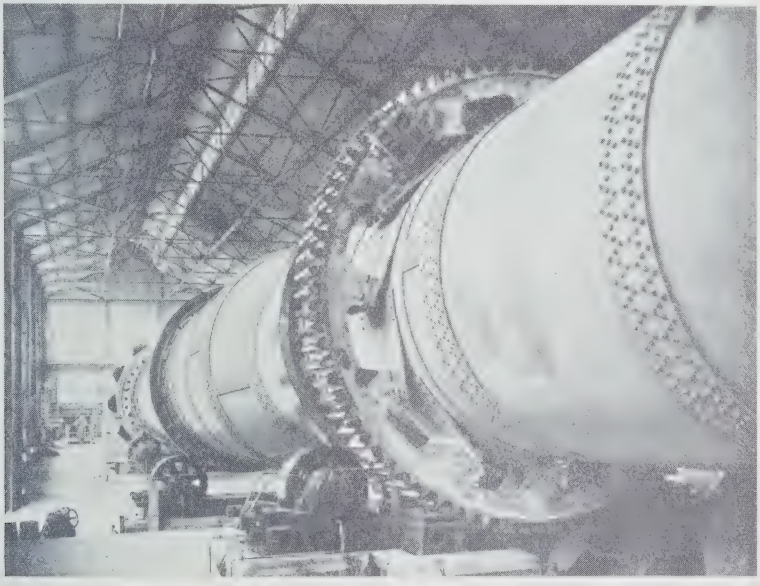


Fig. 1.—Kilns at Johnson's Cement Works, Kent.

Industries, Ltd.). In addition, they have supplied various crushing and grinding plants throughout the world.

Certain of the above-mentioned installations are of particular interest, as they embody the Vickers rotary reflex kiln fitted with integral cooler. Three kilns of this type have been supplied to the Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., and the British Portland Cement Manufacturers, Ltd., each of which is 326 ft. long and the integral cooler 26 ft. 6 in. diameter; these kilns are reported to be by volume the largest in the world. Two kilns of this type have also been supplied to Synthetic Ammonia & Nitrates, Ltd.

Recent orders secured by Messrs. Vickers-Armstrongs, Ltd., are as follows:— One rotary reflex kiln for the Katni Cement Works, India; one rotary reflex

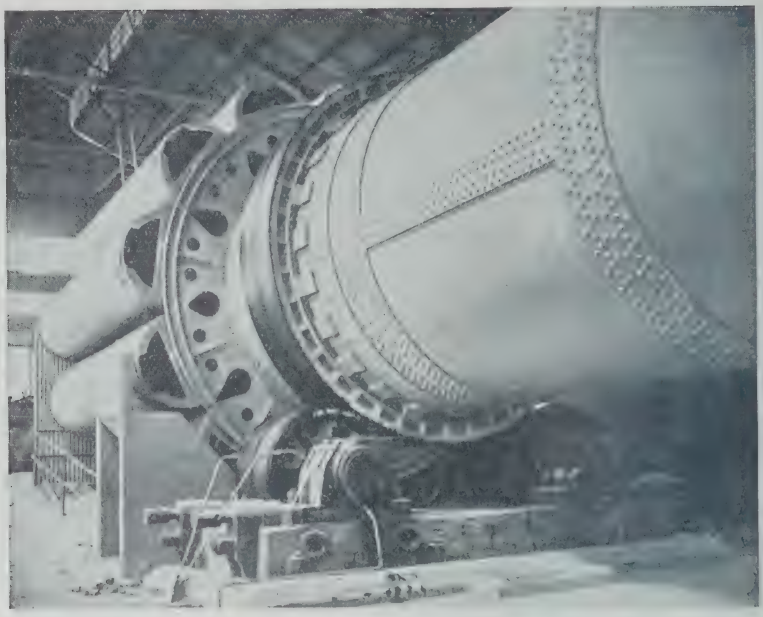


Fig. 2.—Cooling end of kilns at Johnson's Cement Works.

Fig. 3.—Jaw-Crusher at Hope Cement Works.

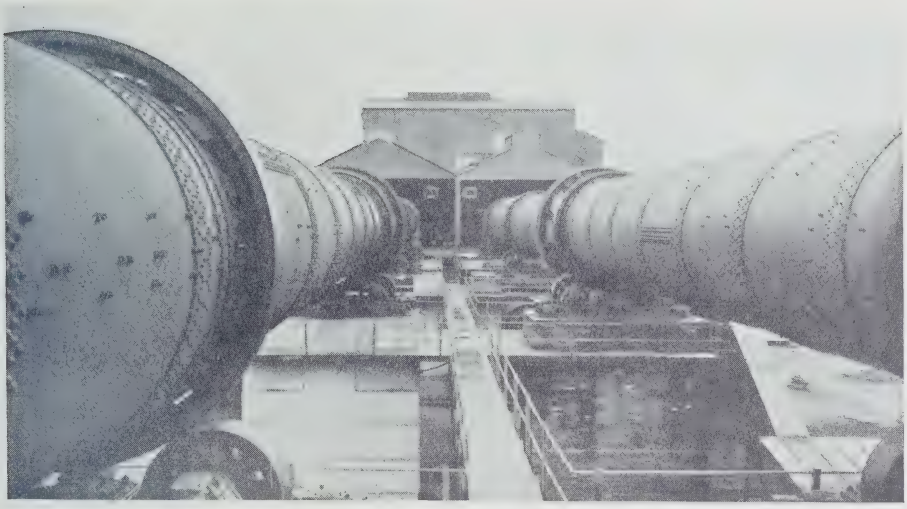


Fig. 4.—Kilns at Eastwood's Cement Works, Barrington.

kiln for the Japla Cement Works, India; three rotary lime kilns for Brunner Mond & Co., Ltd. Another recent contract is for a complete installation for the Green Island Cement Works, Hong Kong (capacity 100,000 tons per annum). Included in this contract are two rotary reflex kilns fitted with integral coolers, and we believe this is one of the largest orders ever secured by a British firm for the Far East.

Fig. 5.—Sun-and-planet Mixers at Eastwood's Cement Works.

Fig. 6.—Grinding Mill for Commonwealth Portland Cement Company, Australia.

Messrs. Vickers-Armstrongs, Ltd., have also carried out a special grinding plant for the Lafarge Aluminous Cement Co., and have supplied a 72 in. by 48 in. swing-jaw crusher for the new Hope Cement Works of Messrs. G. and T. Earle, Ltd.; the latter machine is believed to be the largest ever built in Europe, and full particulars are given elsewhere in this number.

Fig. 1 shows kilns at Johnson's Cement Works, Kent; Fig. 2 shows the same kilns at the cooling end; Fig. 3 shows a 72 in. by 48 in. jaw-crusher at Hope Cement Works; Fig. 4 shows 9 ft. by 10 ft. 6 in. by 200 ft. kilns at Eastwood's Cement Works, Barrington; Fig. 5 shows 60 ft. diameter sun-and-planet mixers at Eastwood's works; Fig. 6 shows a 7 ft. by 36 ft. cement grinding mill for the Commonwealth Portland Cement Co., Australia.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Subscription Rates.

Owing to the very greatly increased cost of production of "Cement and Cement Manufacture" in its new form, it has been necessary to increase the price to 2/- a copy. The annual subscription rate (including postage anywhere in the world) is 24/-. Present subscribers on our pre-paid subscription list will continue to receive copies at the former rate until their present subscriptions expire.

Annual subscriptions should be sent to "Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, London, S.W.1., England, when copies will be posted regularly each month for the duration of the subscription.

New Italian Cement Plant.

The cement plant of the " Italia " Soc. Anon. Cementi Portland Artificiale at Genoa is an up-to-date works to which the experience of recent years with regard to the economical erection of cement plants has been applied.

The " Miag " Mühlenbau-und- Industrie Co. furnished the designs and plans as well as the mechanical equipment, with the exception only of some special machinery. The plant is situated at the foot of the Appennine mountains, near Genoa Harbour.

The raw materials consist mainly of marl containing 75 per cent. $CaCO_3$. It is conveyed a distance of $1\frac{1}{4}$ miles to the plant by an aerial ropeway which crosses several valleys. A limestone of high content (98 per cent.) is also used in small quantities. This limestone is conveyed to the plant by rail from two quarries some distance away. An addition for the correction of the raw mix, consisting of calcined pyrites, as well as the gypsum and the coal, are also conveyed to the plant by rail.

Marl, limestone and calcined pyrites are stored in the open air; coal, clinker and gypsum are stored under cover. The handling of all material is by two grab-cranes; the first, operated outdoors, can turn round 360 deg.; the other, operated under cover, is the usual type of overhead transporter crane.

Trough-conveyors of the " Torpedo " type are installed. The transport of small-sized material is by pneumatic and belt-conveyors. All large machines are directly driven by single motors with reduction gears. Comparatively few group motors are used, so that transmission and belt drives are limited. All mills and the raw and slurry tanks are designed for use on both the wet and the dry processes.

The mechanical equipment consists of two rotary kilns, one 10 ft. in diameter by 210 ft. long; the other is 10 ft. 9 in. in diameter by 210 ft., with a daily output of 600 tons. Owing to the shortage of water the dry process is used at present.

Fig. 1 is a general plan of the works; Fig. 2 is a section through the plant, while Fig. 3 is a general view.

Crushing.

The crushing of raw materials is done in the quarries. Two " Titan " crushers of the 8 SSD-type are used to crush the marl. The loaded trucks are conveyed from the quarry to the hoppers, and tipped over to discharge their contents on to inclined steel belt-conveyors which feed the crushers. The crushed marl falls into large silos, from which it is drawn off through sliding valves into the trucks on the suspension railway and conveyed to the plant, where it is discharged into a hopper of 500 tons capacity. Excess material is dumped in bulk by the grab-crane and stored.

The material from the limestone quarry is similarly crushed and conveyed by an aerial ropeway, which loads the material into railway trucks. On arrival at the plant the limestone is weighed and emptied by a grab crane into a

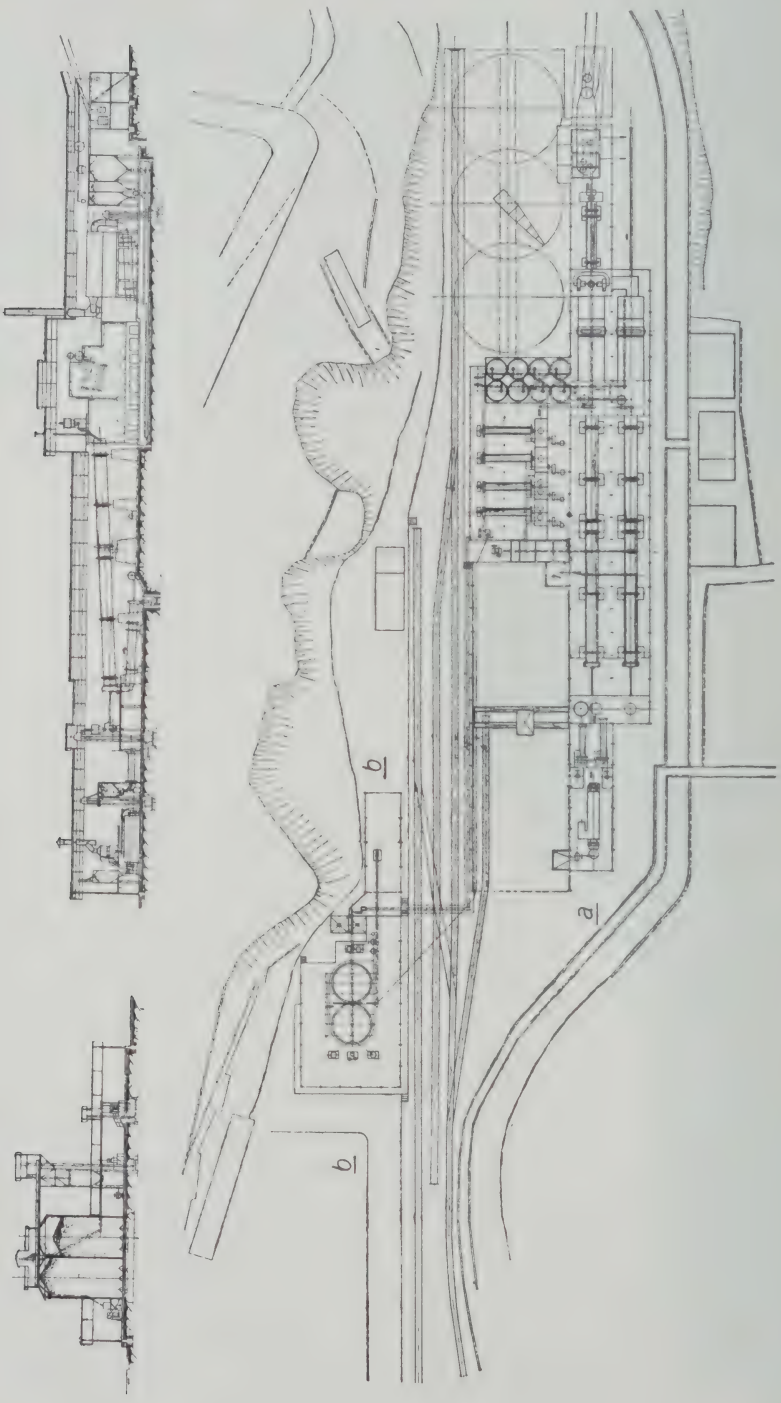


Fig. 1.

second hopper of 150 tons capacity, near the marl hopper. A second limestone quarry is also worked, from which the uncrushed stone is conveyed to the plant. The crushing takes place at the plant by a " Titan " crusher. An elevator lifts the material to the second hopper.

A third hopper is provided for storing the calcined pyrites. Any calcined pyrites left over are stored on the dump, and the hopper can be filled by the grab-crane. Below each hopper is a table-feeder to supply the poidometers, which define the ratio of the raw materials. The marl (about 90 per cent. of the raw material) is weighed separately, while the limestone and calcined

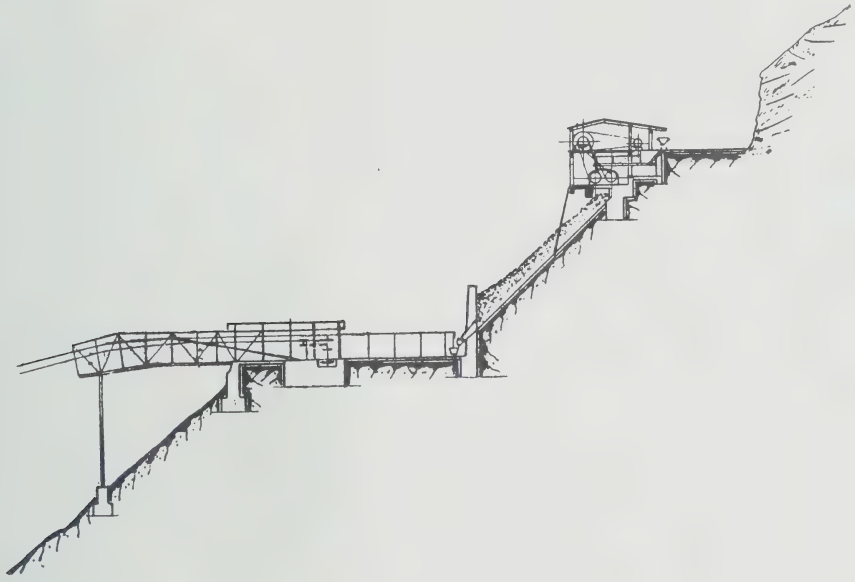


Fig. 2.

pyrites pass a second poidometer. The poidometers tip the material into a trough-conveyor of the " Torpedo " type.

Drying Department.

During the dry season artificial drying is not necessary, and the mix is conveyed direct to the feed tanks over the raw mills. When drying is necessary an elevator lifts the mix to a hopper, from which an apron-feeder feeds the material to a drying drum. The drying drum, 7 ft. 6 in. in diameter by 61 ft., is heated by the waste heat from the kiln, in addition to ordinary heating. A trough-conveyor of the " Torpedo " type picks up the dried material from the drum and lifts it by a second transverse trough-conveyor and by a bucket-elevator to the raw material hoppers above the mills. A trough-conveyor distributes the dried material into the hoppers.

Raw Mill and Raw Silos.

Adjustable table-feeders feed the material from the hoppers to two three-chamber mills 6 ft. 9 in. by 41 ft. The mills are carried by two trunnion

bearings fitted with automatic gear-oil lubrication. After leaving the mills the raw mix is conveyed to the raw-mix silo by a screw conveyor. An elevator finally lifts the mix prepared for burning to the raw-mix hoppers above the rotary kilns. The mix is uniformly distributed into these by a screw conveyor. Raw-meal feeders govern the rate of feeding and mixing.

Rotary Kilns.

The present equipment consists of two rotary kilns 10ft. 9 in. by 210 ft. and 10 ft. by 210 ft., with coolers 6 ft. 9 in. by 68 ft. below. The kilns (Fig. 4) are furnished with five automatically-lubricated water-cooled roller

Fig. 3.

bearings. The kilns are belt-driven by adjustable motors. The coal is dried and ground in a separate department, and is injected into the kiln by a high-pressure blast-pipe.

One of the rotary kilns is fitted with a patent Stehmann arrangement for tightening all fissures which might allow air to enter through the kiln and the cooler. By rendering the cooler discharge air-tight and by using a high-pressure blast fan, all hot gases from the hot clinker are used to heat the kiln, and the entrance of any cold air is prevented.

A waste-heat recoverer of the Babcock-Wilcox type is provided for both kilns, and generates almost all the power required by the plant. If necessary, an additional boiler is used beside the turbo-generator. The waste-kiln gases pass through an electrical dust collector.

Coal Drying and Coal Mill.

Coal arriving by rail is emptied from the trucks by a grab-crane and conveyed to the coal feeder by the same crane. The coal-feeder feeds a small " Titan " crusher. The crushed coal is lifted by a bucket-elevator to the storage silo; from which an apron-feeder feeds the drying drum of 4 ft. 7 in. by 46 ft. The dried coal falls into an automatic poidometer and is lifted by an elevator to a big storage tank, which consists of two compartments. Two table feeders supply two three-chamber mills 4 ft. 9 in. by 27 ft., which are used as coal mills; they are driven by directly-coupled motors with interlacing

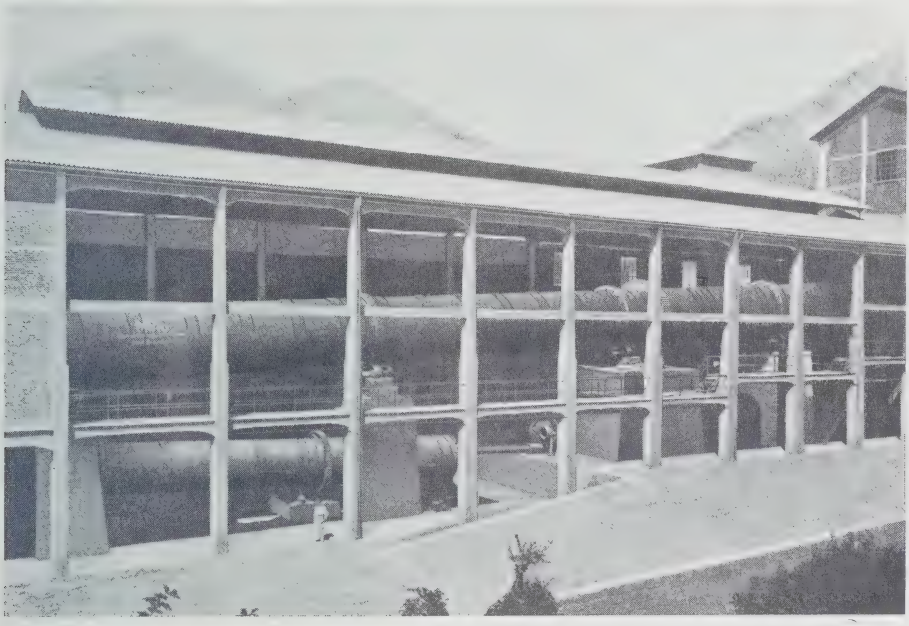


Fig. 4.

reduction gear. A bucket-elevator conveys the powdered coal to two storage tanks above the rotary kilns. There is an overflow screw to a storage silo of greater capacity.

Clinker Storage.

The discharged clinker passes through poidometers into a " Torpedo " trough conveyor, which tips it into a pit. The grab-crane picks the clinker up and distributes it on the storage floor. The same grab-crane picks up the stored clinker and tips it into the clinker bins, from which the cement mills are fed. A gypsum tank is situated nearby. Gypsum arrives by rail and is emptied by the grab-crane and crushed by a " Titan " crusher; a bucket elevator lifts it into the tank.

Three clinker tanks and one gypsum tank are each fitted with an arrangement for emptying which feeds the trough-conveyor. The clinker storage tanks

above the cement mills are connected by a second trough, an elevator, and a further trough-conveyor which distributes the clinker into the mill hoppers.

Cement Mill.

Each of the two compound mills, 7 ft. 6 in. by 41 ft., is furnished with two table feeders for mixing different kinds of clinker, or adding material for special purposes. The length of the mills is equal to that of the raw grinding department, but they are a little larger in diameter. The cement, ground to the usual fineness, is conveyed to the cement silo by a Fuller-Kinyon pump or by a belt and screw conveyors.

Cement Silos, Packing and Transport.

The cement storage comprises two concrete silos of 34 ft. diameter by 68 ft. high, connected by a screw conveyor. They may be emptied pneumatically by a "Silator," or by chains, which collect the cement on the bottom of the silo into a screw conveyor. In the first case automatic packers draw the cement from the packing hoppers, while in the other case electrical "Miag" packers are used.

The loading of the railway trucks is carried out partly by hand and partly by belt conveyors. Suitable arrangements are provided to load road vehicles. Dust collectors of the suction-filter tube type of sufficient capacity are provided. The works also possess a repair shop, a laboratory, and steam turbine power installation with switchboard and sub-stations.

New Brazilian Factories.

The International Cement Corporation of New York has decided to erect a factory in the district of Ytupava, 100 miles from Sao Paulo. There will be four rotary kilns, and the plant will be operated by electric power.

The Ministry of Agriculture and Public Works has recently granted two concessions for the erection of cement factories. It is stated that the plants will use the shells in the lagoon of Arauama.

Italian Cement Production.

According to official Italian statistics 137 cement plants were in operation last year, and 1,957,598 tons of cement were despatched during the first seven months as compared with 1,687,340 tons during the corresponding period of 1928.

Proposed New Plant in Jugoslavia.

We understand that the German Krupp Works at Essen have acquired a site in the neighbourhood of Salona with the object in view of erecting a cement plant. We also understand that two of the companies operating in the Jugoslav export cement industry are installing new kilns with a view to increased production.

A Modern Argentine Portland Cement Works.

The first unit of a new " Loma-Negra S.A. Compania Industrial Argentina " Portland cement works was started in the autumn of 1928 (near the small Argentine town of Olavarria) about 94 miles from Buenos Aires. This factory, which at present produces about 200 tons of cement daily, is claimed to be among the most up-to-date and economic factories erected during the last few years. The predominant idea when laying out the machinery was to unite several stages of work in one large machine to save labour and cost of production. This is shown, for instance, by the fact that raw and cement mills have the same diameter of 6 ft. 6 in., and are, therefore, comparable in every respect. Simplicity of working is thus obtained, in addition to a reduction in the number of necessary spare parts. It is interesting to note that comparatively few belts are in use, the majority of large machines being driven by separate electric motors. Most of the plant is placed in two bays of a building 660 ft. long, the building being a steel structure.

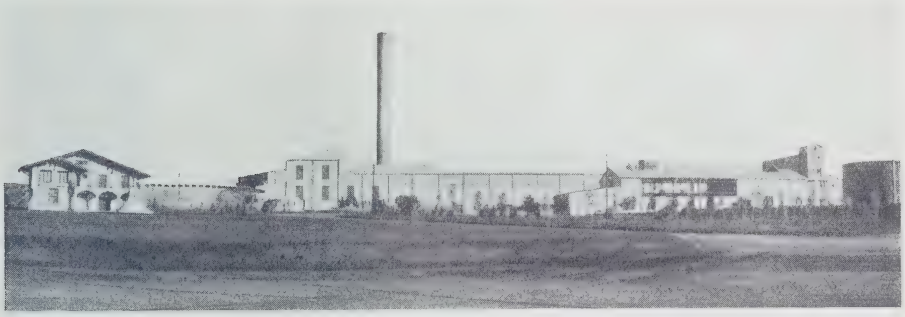


Fig. 1.—General View of Works.

As the raw material is particularly suited to the wet process, and a sufficient supply of water is available, the thick slurry process was selected. The raw materials—limestone and clay—are quarried by excavators on caterpillars from deposits a few hundred yards from the works. The material is conveyed to the crushing plant by locomotives in tipping trucks of 1 cubic metre capacity. The trucks empty the limestone and clay on to a grid which serves as a feeder for a Z-crusher. This Z-crusher can normally crush about 30 tons of raw material per hour; it corresponds in operation to the well-known hammer-mill, but has a very much higher output. The material is crushed to about $\frac{3}{4}$ in. size ready for feeding to the mill. Part of the clay is reduced to slurry in a wash-mill of the stirrer type, and then flows through a sump into a double pressor which by means of compressed air pumps it into tanks over the raw mills.

Each double pressor consists of two pressors which work alternately. By means of an automatic-regulating device one of the pressors is always being filled with slurry while the other is being emptied by compressed air, the slurry

being forced through the pipes. The advantage of a double pressor is that no regulating or delicate mechanical part comes into contact with the slurry, and therefore stoppage through clogging is impossible.

At present a three-chamber Solo mill with a diameter of 6 ft. 6 in. and a length of 43 ft. serves for the grinding of the raw material. The limestone and clay crushed in the Z-crusher are lifted by a sloping elevator into the silos over the raw mill. The material is then fed to the mill by means of a rotary table-feeder in quantities which can be exactly regulated. The mixture of limestone and clay is ground in one continuous operation into slurry. The grinding process is carried out in stages in three different chambers of the mill filled with different grinding bodies. The finely-ground slurry flows from the mill into a double pressor, which pumps it into three reserve and mixing

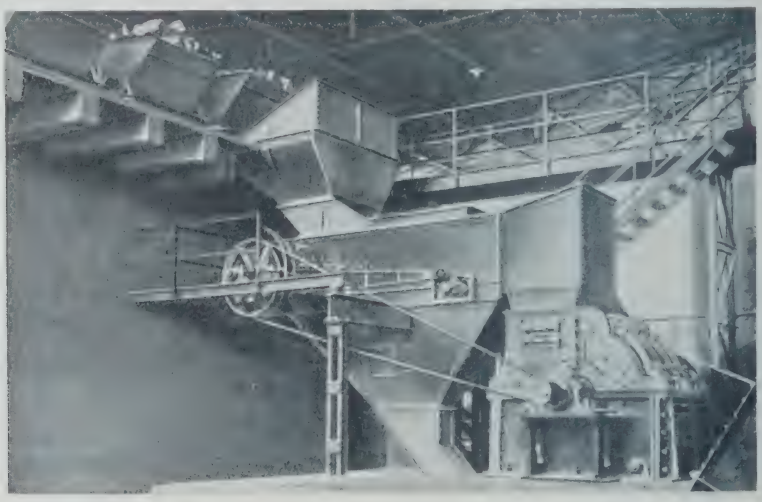


Fig. 2.—Crusher for Raw Material.

tanks 23 ft. in diameter by 40 ft. high. Here final homogenisation by an automatic pneumatic slurry-mixing apparatus takes place. The flow of air is regulated by a patented " Regulex " valve in such a way that after a certain number of mixing periods in one tank the current of air is automatically switched on to another tank. If necessary, one tank can be omitted. The thick slurry flows from the mixing tank to a double pressor, which pumps it into silos over the rotary kiln.

The rotary kiln plant consists of one Solo kiln 225 ft. long by a diameter of 9 ft. and 12 ft., and produces about 200 tons of clinker per day. The characteristic feature of the Solo kiln is that the slurry is not only dried, calcined, and burnt in one machine, but the burnt clinker is also cooled. The wide burning zone allows for a regular and continuous burning process. As the cooling of the clinker is carried out in a cooling-zone attached to the kiln itself,

the whole plant can be built on ground level. Steps and platforms are thus avoided, and the Solo kiln house can be easily supervised. The kiln-shell with its tyres lies on six pairs of rollers, placed in water-cooled bearings and equipped with automatic self-feeding lubrication. The kiln is driven by a directly-coupled regulating motor with the patented elastic "Pol" drive, which ensures safe and satisfactory working. Special arrangements effect preheating of air for combustion and transfer of heat from the clinker to the air. The firing of the Solo kiln is done by oil, which is blown through an adjustable jet into the kiln. Various measuring and controlling instruments, such as draught-regulator, pyrometer, exit-gas controller, etc., are provided for exact supervision of the burning process.

Clinker from the kiln passes over shaker-conveyors and elevators into the clinker storage. The clinker, after passing through automatic weighing-

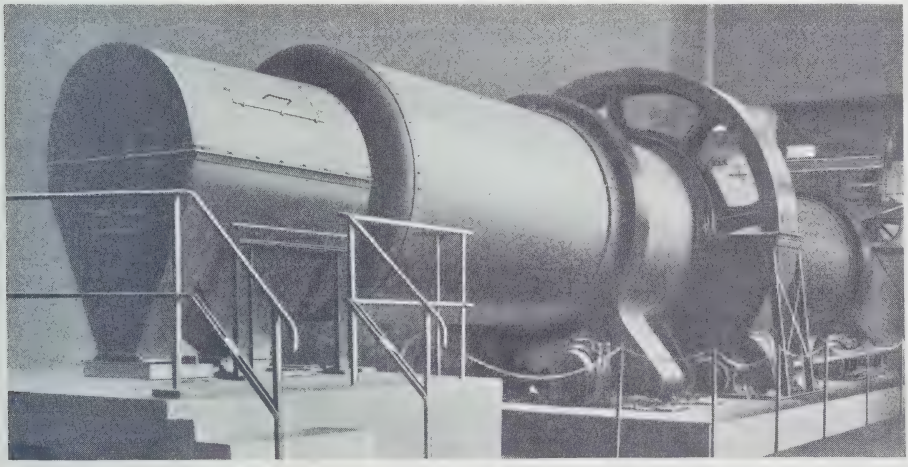


Fig. 3.—Three-Chamber Solo Mill.

machines, flows on to two Polo conveyors running over the storage. Here the clinker can be drawn off at a number of points. The floor of the clinker store holds seventeen emptying devices by means of which the clinker can pass out of the storage on to two underground conveyors. The clinker is then lifted by a vertical elevator into silos above the cement mills. From here the clinker, with a suitable addition of gypsum, is fed to a three-chamber Solo mill of 6 ft. 6 in. diameter by 40 ft. long. Pneumatic pumps convey the cement to the cement store, which consists of ten concrete bins. A number of screen conveyors and elevators enables mixing and refilling of the storage bins. A weighing machine is installed so as to check the quantity going to the store. Automatic sack and barrel-packing machines are installed.

An amply-dimensioned dust-collecting plant ensures a practically dustless running of the whole installation. The works has a railway siding, so that the transport of fuel, gypsum and other requirements, as well as the dispatch

Fig. 4.—Solo Kiln.

of cement, is arranged for. At present extensions are being carried out in order to double the present output. The mechanical installation of this works was supplied by G. Polysius, A-G., of Dessau, who also had charge of the arrangement and lay-out of the plant.

EDITOR'S NOTE.

THE Editor of International "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE" invites readers of this journal to submit articles for publication. Manuscript may be submitted in English, French, German or Spanish, and will be translated into the other three languages by specialist translators.

Articles are invited on any new ideas or developments in the manufacture, chemistry or testing of cement, or allied subjects of general interest to the cement industry. Descriptions and illustrations of new cement plants in any part of the world are also invited. Liberal payment is made for all contributions.

Manufacturers of Cement-making Plant are also invited to submit information and illustrations relating to new plant developed by them and new installations of their plant.

Such matter should be addressed to: The Editor, "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, England.

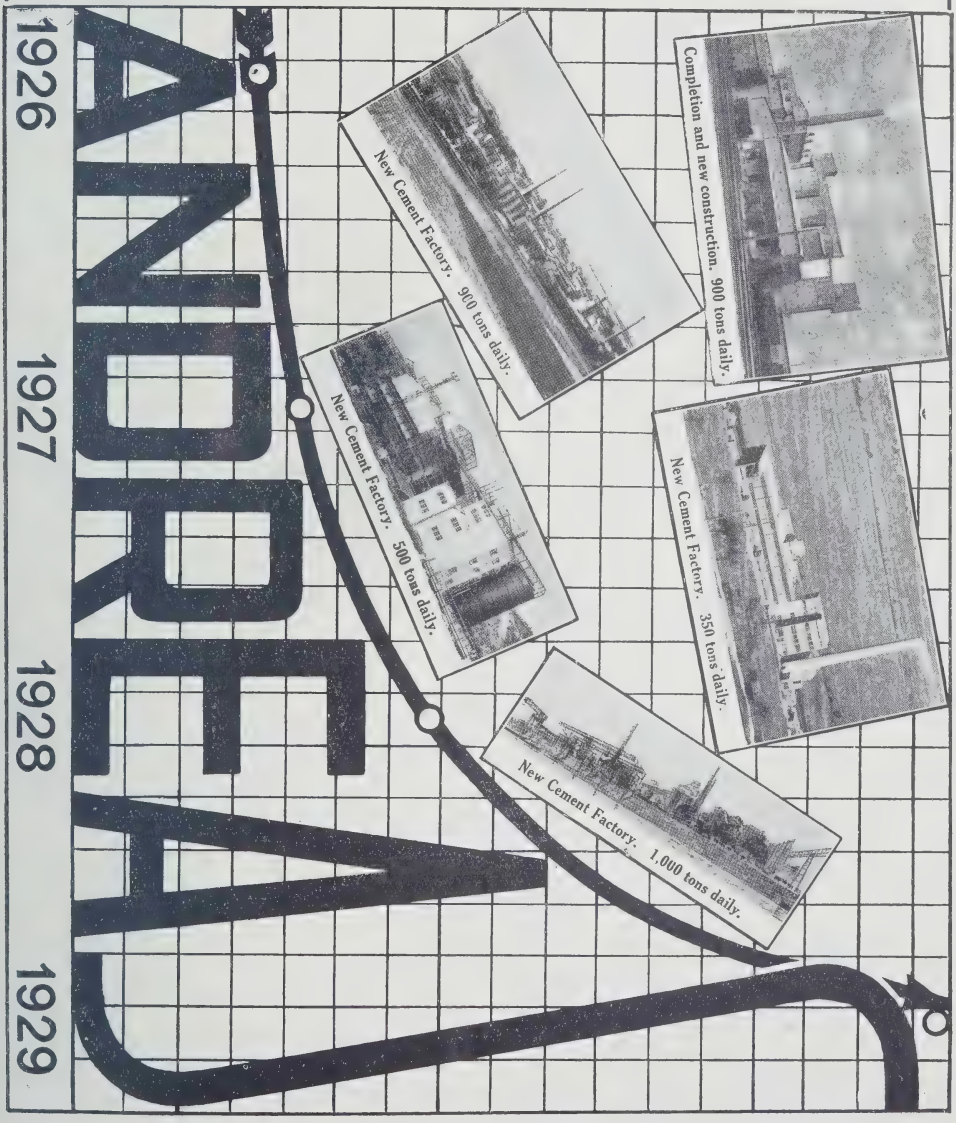
ANDREAS

Engineering and Construction Co., Ltd.

MUNSTER, WESTPHALIA, GERMANY.

DESIGNERS & CONSTRUCTORS of COMPLETE CEMENT PLANTS.

CONTRACTS NOW IN HAND:



I

SIROCCO ... TRADE ... MARK ...

FANS

For Infinite Applications

SIROCCO Fans are made in a large number of sizes and in a wide range of designs to suit every possible fan application. They are used for Ventilation, Dust Removal, Boiler Draught, etc., and, in fact, for every purpose for which a fan can be employed.

Write for Descriptive Catalogue No. 4.

DAVIDSON & Co., Ltd.

Sirocco Engineering Works - Belfast

LONDON, MANCHESTER, CARDIFF, BIRMINGHAM, GLASGOW, NEWCASTLE, BRISTOL.

LOW & BONAR LTD.

Telegrams : "Lobo, Dundee." "Lobonarli, Ave, London.'

Jute Spinners, Manufacturers and Finishers.

DUNDEE SCOTLAND - *and at* 53, NEW BROAD STREET, LONDON, E.C.2.

ALL CABLE CODES USED.

Phones : 4111 (7 lines) Dundee, and London Wall 1420 and 1446.

MANUFACTURERS OF

ALL GRADES OF CEMENT SACKS

WATERPROOF COVERS & SACK TIES.

Cement Patents.

Paper bags. BATES INTERNATIONAL BAG CO., 48, Wall Street, New York, U.S.A. September 10, 1929, No. 27476.

In a multiwall paper bag having at least at one end the edges of opposite flat sides folded inwardly one upon the other and glued together individually as described in the parent Specification, the edges of the individual layers are staggered inwardly as at (11, 20, 18) at the inside of one flat side and outwardly as at (10, 20, 16) at the other one so that when the layers are folded inwardly along the lines (21, 22) the edges of opposite flat sides of each individual layer lie one upon the other. The arrangement permits all the edges to be glued simultaneously. In making the bag, the paper layers (1, 2, 3) are laid upon each other as in Fig. 3 and are folded inwards along the lines (4, 6, and 7, 9) to form side folds, and the edges of the layers are joined

FIG. 3.

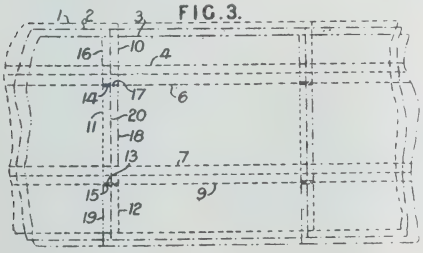
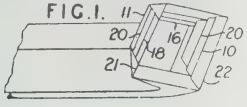


FIG. 1.



to form a tube, single bag lengths being then severed from the tube. To effect the severance, the paper layers are treated separately before folding by passing them through pairs of rollers carrying pins and slitting knives. The outer layer is perforated along the lines (10, 11, 12) and is slit longitudinally at (14, 15); the central layer is perforated along a straight edge (20), and the inner layer is perforated along the lines (16, 18, 19) and is severed at (17, 13). After the layers have been folded, they pass between uniformly rotating gripping rollers to a second pair of intermittently acting rollers which rotate at a higher speed than the gripping rollers. As the perforated portions pass the gripping rollers, the second pair of rollers seize the tube and pull the protruding bag length away from the remainder of the tube.

[The foregoing is from "The Illustrated Official Journal" (Patents), by permission of H.M. Stationery Office. Full Specifications may be obtained from the Patent Office, 25, Southampton Buildings, W.C.2, price 1s. each.]

A plant for handling a particularly hard and abrasive iron ore on the Spanish Morocco coast. The duty is hard and continuous, so that a high efficiency and exceptional robustness are demanded of the handling equipment.

A typical Fraser & Chalmers - Robins Installation.

FRASER & CHALMERS
ENGINEERING WORKS
PROPRIETORS: THE GENERAL ELECTRIC CO LTD
ERITH KENT.

LONDON OFFICE: MAGNET HOUSE, KINGSWAY, W.C.2.
Associated with ROBINS CONVEYING BELT CO. of U.S.A.

Recent European Cement Plants.

We illustrate some modern cement works recently carried out in Europe. Fig. 1 is a general view of the large modern plant of the Königshofer Zementfabrik, at Königshof, Czechoslovakia. The kilns, of which there are three, have enlarged calcining zones; two of the kilns are shown in Fig. 2. The three-compartment grinding mills are 13 metres long by 2.2 metres diameter (Fig. 3). The compound mills are centrally-driven by the special reduction gearing shown in Fig. 4.

One of the latest installations in the Rhine territory is shown in Fig. 5.

Fig. 1.

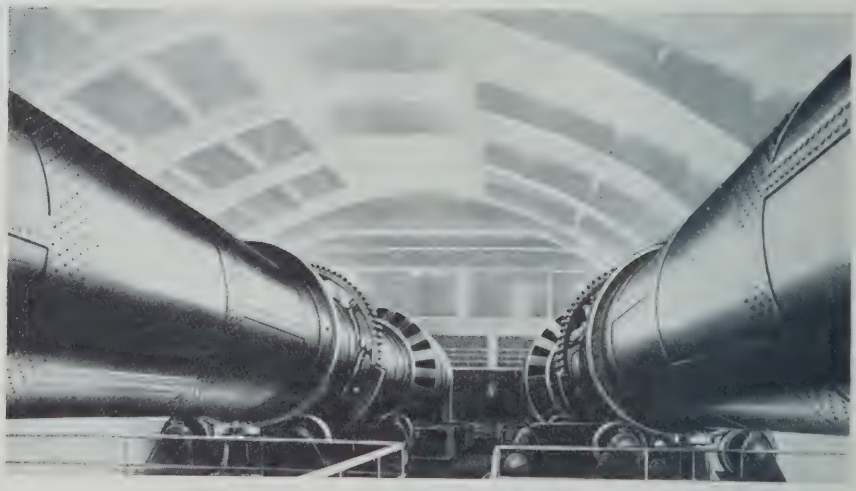


Fig. 2.

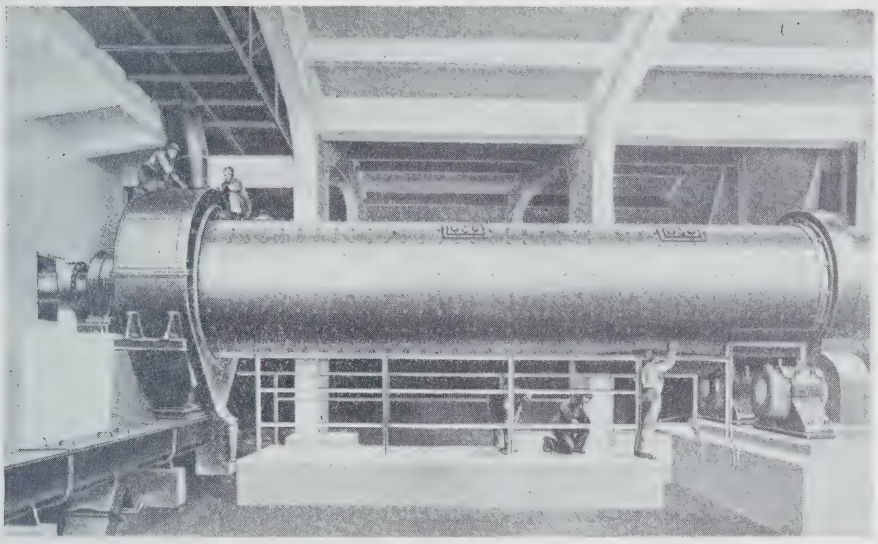


Fig. 3.

The kilns are 50 metres long by 3 metres diameter, and have enlarged calcining zones.

In Fig. 6 is given the ground plan of a plant now in course of construction, for operation on the wet process. The storage shed, about 100 metres long, is for the storage of clinker, coal, and gypsum, and is served by travelling cranes with clamshell buckets. The bins of the grinding mills are filled directly by the cranes. In each case the plant was supplied by Fellner & Ziegler, A.G.

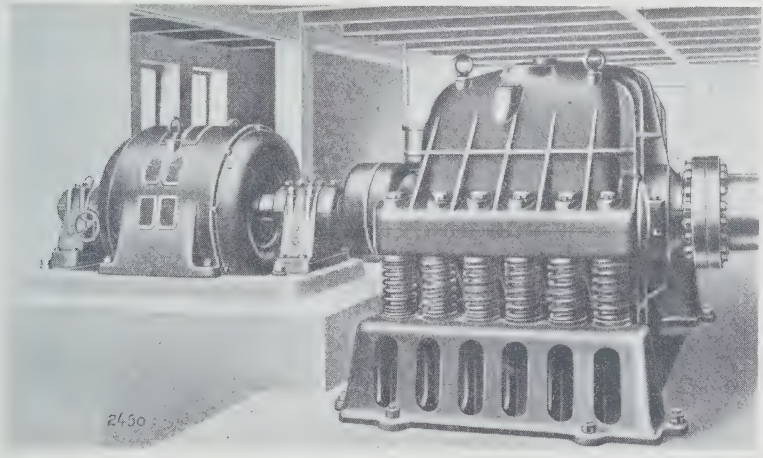


Fig. 4.

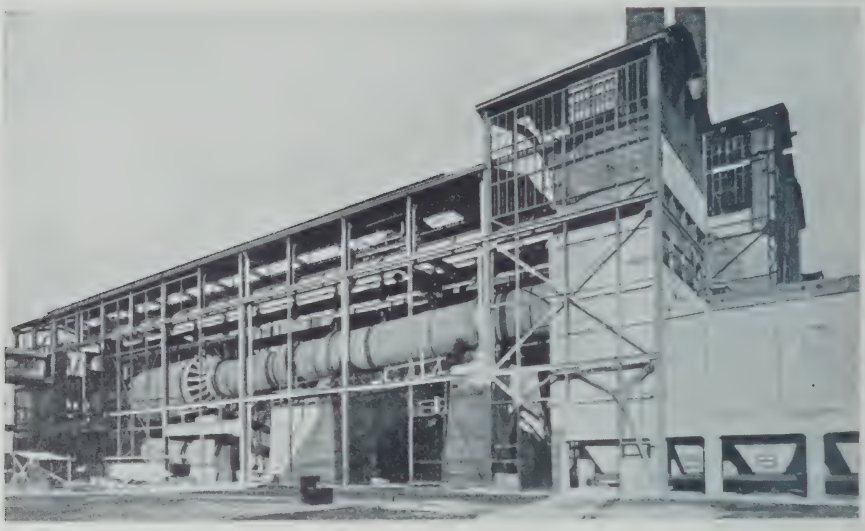


Fig. 5.

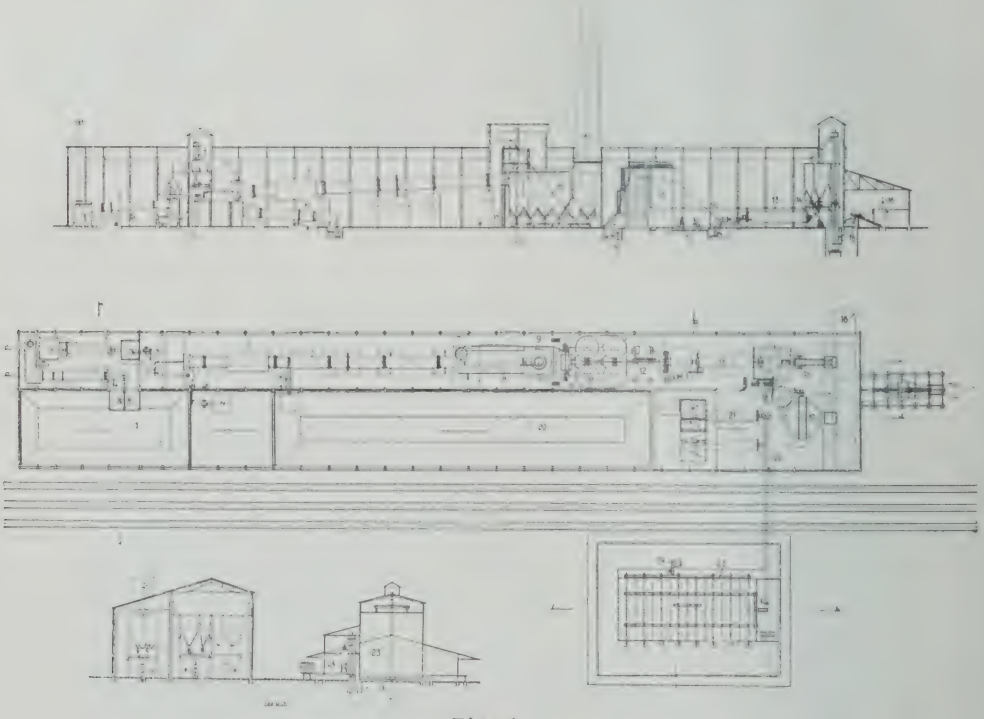


Fig. 6.

Recent European Cement Plants **(See page 90).**

VOLUME 3. NUMÉRO 1. JANVIER 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE

LE JOURNAL INTERNATIONAL DU CIMENT EN QUATRE LANGUES.

PARTIE FRANÇAISE

Publié par : Concrete Publications, Limited,
20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, Angleterre.
Publié le 20 de chaque mois. Prix du numéro, 2 schellings.
Abonnement annuel, 24 schellings, franco.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Avec la publication de " Cement and Cement Manufacture " en quatre langues, publication qui paraîtra à l'avenir chaque mois, les fabricants en ciment du monde entier vont posséder un moyen d'échange d'informations, qui n'est détenu jusqu'à présent par aucune autre industrie, et dans aucun pays.

La décision de publier ce journal en quatre langues a été prise parce que l'idée des propriétaires, un tel journal international était vraiment indispensable pour le développement de l'industrie mondiale du ciment. Dans plusieurs pays, on entreprend des travaux de recherche approfondis ; les expérimentations portent actuellement sur des idées nouvelles concernant les procédés de fabrication ; enfin, on adopte de nouveaux types de machines ainsi que des moyens de travail plus économiques. Chaque pays qui fabrique du ciment a quelque chose à apprendre des autres pays. Jusqu'à présent, les comptes-rendus des progrès effectués étaient publiés dans la langue de ceux qui ont procédé aux recherches aboutissant à de tels progrès ; et les fabricants des pays ne parlant pas cette langue ne pouvaient ainsi en bénéficier d'une manière immédiate.

Le but de " Cement and Cement Manufacture " est de présenter, dans les langues des principaux pays producteurs de ciment, les opinions des autorités mondiales les plus en vue concernant les aspects de la fabrication du ciment et des essais relatifs à celui-ci. Ces précieux renseignements, quelque soit leur pays d'origine, seront portés à la connaissance de tout le monde et de plus, seront donnés en quatre langues différentes. D'ailleurs, nous pouvons dire que l'industrie du ciment est, en fait, elle-même internationale car non seulement les pays producteurs de ciment exportent leur produit dans d'autres pays, mais aussi, les constructeurs du matériel de fabrication et des appareils d'essai exercent leur commerce sur le vaste champ du monde entier.

Nous avons eu le privilège de publier dans ce numéro des articles émanant d'un nombre considérable d'autorités éminentes de l'industrie du ciment en Europe, aux Etats-Unis et ailleurs. Nous espérons que d'autres autorités ainsi que des ingénieurs et des chimistes plus jeunes nous communiqueront, aux fins de publication, les vues intéressantes qu'ils voudraient exposer, ou les articles et les notes pouvant être de quelque utilité à leurs collègues du monde entier. De larges rétributions seront réservées à de telles contributions. Ainsi les industries du ciment existant sur la terre seront cimentées par un lien de bonne volonté; les travailleurs d'un pays seront connus chez ceux des autres pays; les progrès de cette industrie seront secondés par les échanges de vues et d'expériences; enfin, il s'établira un sentiment de bonne volonté et de confiance qui contribuera largement à conserver la paix sur le monde.

À NOS CONFRÈRES.

Pendant le peu de temps que "Cement and Cement Manufacture" a été publié, un nombre considérable de ses articles ont été, sans notre permission et sans le reconnaître, reproduits par d'autres revues s'occuppant de ciment. Certaines revues de l'Europe se sont rendues les plus coupables à cet égard. En même temps que nous apprécions cette reconnaissance de la valeur des articles de "Cement and Cement Manufacture" nous nous permettons de faire remarquer que les auteurs des articles en question sont rétribués par nos soins pour leur collaboration et les honoraires de nos collaborateurs se montent à une somme très forte. Le paiement de ces travaux est, à vrai dire, la deuxième des parties les plus coûteuses du prix de revient de cette publication.

Nous ne désirons pas restreindre la documentation sérieuse mise à la disposition des fabricants de ciments ou de ceux qui font des recherches à ce sujet. C'est en vue de rendre une telle documentation profitable à tout le monde que "Cement and Cement Manufacture" est, à gros frais, maintenant publié en quatre langues. Les autres journaux sont tout à fait libres de reproduire nos articles ou d'en publier des extraits, pourvu qu'ils en reconnaissent la source. Mais, nous nous opposons, avec force, au plagiat de nos articles, reproduits sans indiquer qu'ils ont été pris dans notre revue.

Si cette sorte de vol continue, nous nous proposons de publier, à l'avenir, les noms des revues en question, accompagnés de la liste des articles dérobés sans aveu à "Cement and Cement Manufacture." Avis aux journaux qui semblent s'efforcer de réduire leurs dépenses de rédaction au minimum.

AVIS.

Étant donné l'espace dont nous disposons dans ce numéro et la grande abondance des matières, nous nous voyons forcés, avec regret, d'en reporter une grande partie à notre prochain numéro.

Un message de Henry Le Chatelier.

" A mon âge, on a bien le droit de prendre un peu de repos. Les jeunes ingénieurs et chimistes d'aujourd'hui doivent considérer qu'il est de leur devoir d'entreprendre des travaux de recherche et de faire connaître les résultats trouvés à tout le monde, comme je l'ai fait dans mon temps."

A l'occasion de la publication du premier numéro du premier journal International du ciment, nous sommes particulièrement heureux de pouvoir publier le message d'encouragement ci-dessus qui nous a été adressé par l'un des pionniers les plus énergiques de la science appliquée à l'industrie que le monde ait jamais connus.

Henry Le Chatelier appartient à une famille bien connue pour ses talents scientifiques: Sa propre carrière a été toute de labeur et de sacrifice et il a été comblé à bon droit par les honneurs.

En 1877, à l'âge de vingt sept ans, il est nommé Professeur d'Industries chimiques à l'École des Mines de Paris, après avoir consacré six ans à l'École Polytechnique à des travaux de recherches et servi dans une commission géologique dans le Sud-Algérien.

En 1888, il est nommé professeur au Collège de France; d'où découle une période d'activité intense. Il avait déjà publié un traité sur le chauffage industriel; il trouva ensuite le temps de rédiger une thèse sur " Carbone, Silice, et Silicates." Son travail à cette époque est toutefois plus connu par ses brillantes inventions. La galvanomètre Saladin-Le Chatelier est devenu familier à la plupart des chimistes, tandis que ses pyromètres thermo-électrique et optique sont indispensables pour la mesure des hautes températures.

Mais Le Chatelier n'a pas seulement aidé par ses investigations pyrométriques à l'industrie du ciment. Son appareil pour la détermination de dilatation du ciment et pour le calcul de son poids spécifique est encore d'un usage constant par tout le monde, et ses théories sur la constitution chimique essentielle du ciment Portland sont remarquables par leur originalité et restent encore un sujet de discussion parmi les chercheurs en ciment.

En 1892, Le Chatelier se voit décerner le prix Jérôme Ponti et en 1895 le prix La Caze; en 1911, il obtient la Médaille Bessemer. L'Institut du Fer et de l'Acier (d'Angleterre) l'a élu comme membre en 1904, et son admission à l'Académie des Sciences suivit en 1908.

Les services qu'il rendit pendant la Grande Guerre par ses recherches sur les explosifs et les métaux sont considérables; il porte aujourd'hui la Cravate de Commandeur de la Légion d'Honneur.

C'est peut-être en 1922, après cinquante ans de travail scientifique qu'il a connu le triomphe de sa carrière. Une plaque en or lui fut offerte avec une

somme de 100,000 Frs. Suivant son désir exprès, cette somme fut donnés à l'Académie des Sciences pour servir à fonder des bourses de recherches.

Maintenant qu'il a atteint l'âge de 80 ans, Henry Le Chatelier a abandonné, dans une grande mesure, sa carrière, toute d'énergie. La jeune génération d'Ingénieurs et de chimistes en ciment ont dans Le Chatelier un exemple de ce qu'un homme est capable de faire pour favoriser une industrie importante. Il est à espérer que son message cité ci-dessus leur donnera courage : les pages de l'International " Cement and Cement Manufacture " sont toujours à leur disposition pour y enregistrer les résultats de leurs recherches, résultats qui pourront ainsi être à la portée des travailleurs du monde entier.

Un Message de P. Malcolm Stewart.

Président de The Cement Makers' Federation, The Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., The British Portland Cement Manufacturers, Ltd.

Je souhaite cordialement la bienvenue à cette première revue internationale sur les ciments, car j'ai foi en ce qu'elle sera le moyen de seconder l'intérêt mondial du ciment Portland, et qu'elle se montrera comme la pierre de touche de la création (dans l'industrie du ciment du monde entier) d'une ambiance amicale, où pourront se discuter les nombreux problèmes relatifs à la fabrication ou aux usages du ciment Portland.

Les éditeurs de " Cement and Cement Manufacture " se sont lancés dans une tâche difficile en réalisant une revue technique de ce genre, en quatre langues, et il faut les remercier de cette entreprise, dont la valeur pour l'industrie, est inestimable. Déjà, dans ce premier numéro, elle a réuni les opinions des autorités les plus éminentes du monde entier sur des sujets d'un intérêt vital, publiées en anglais, français, allemand et espagnol, de façon que les lecteurs de tous les principaux pays de fabrication de ciment, puissent profiter de cette précieuse documentation publiée dans leur propre langue. L'industrie du ciment a maintenant un actif qu'aucune autre industrie ne possède. Elle a un intermédiaire pour échanger des opinions en différentes langues, et il faut s'attendre à ce que les chercheurs mettent fort à profit les pages de cette revue pour placer leur documentation à la portée de leurs confrères du monde entier.

L'avenir de l'industrie du ciment Portland est assuré par l'immense dotation en matières premières nécessaires, et par la haute capacité technique de ceux qui sont engagés pour la recherche ou le contrôle de la fabrication. Il faut une concentration croissante des applications du ciment ; la confiance dans le ciment croîtra à mesure que ses divers usages s'étendront. Cette revue, en augmentant le fonds commun de connaissances, assurera les progrès du ciment, comme agent de civilisation, et accèlèrera l'arrivée de l'âge du ciment.

Le premier numéro sera considéré, j'en suis convaincu, non seulement comme une invitation à tous de coopérer à nos intérêts communs, mais comme un message de paix et de bonne volonté, que les industriels cimentiers devront chercher à confirmer en se familiarisant au contact les uns des autres par l'intermédiaire des pages de " Cement and Cement Manufacture "

UNE NOTE DE

G. F. EARLE

(Administrateur Générale de G. and T. Earle, Ltd., Angleterre).

Il n'y a pas très longtemps que les fabricants en ciment, tout comme les fabricants des autres industries, avaient grand soin d'empêcher les autres fabricants de savoir quoique ce soit des choses concernant leur fabrication, et il était rare qu'un fabricant fusse admis à visiter l'usine d'un autre de ses confrères. Ces temps de mentalité étroite sont heureusement révolus. Actuellement, malgré qu'il existe entre les fabricants une âpre concurrence sur le marché de vente, ceux-ci font tout ce qu'ils peuvent pour venir en aide à un confrère, en ce qui concerne la fabrication.

Ce revirement dans l'attitude des industriels trouve sans doute son explication dans le fait que chacun est convaincu qu'il a une responsabilité vis-à-vis de l'industrie, celle-ci étant considérée comme un tout. La vieille attitude du fabricant se réjouissant à la nouvelle des difficultés que rencontre un autre fabricant dans la qualité de sa production, est maintenant disparue. Il est triste d'avoir à entendre dire que de telles choses puissent avoir lieu car il est certain que l'industrie, prise comme un tout, en souffrirait.

L'échange documentaire des travaux effectués dans différents pays est devenue également fréquent et se montre de grande utilité. Il y a toutefois de la marge pour une coopération plus étroite et je crois que ce journal de Ciment, le premier international, aidera à rapprocher entre eux tous les fabricants; l'industrie mondiale y gagnera aussi bien que chaque industriel particulier.

Je suis sûr que votre innovation rencontrera le meilleur accueil de la part des fabricants et qu'elle recevra leur entier appui. Si notre Société peut vous être utile en quelque manière ce sera avec plaisir qu'elle le fera.

Une lettre de Robert W. Lesley.

Premier President de la American Portland Cement Association.

Si ce n'était le fait que, vu l'urgence de mes affaires, je n'ai que très peu de temps de libre avant la parution des premiers numéros de "Cement and Cement Manufacture," je me serais fait un grand plaisir de vous envoyer aujourd'hui une contribution. Cependant cela m'est impossible.

Je ne puis alors que vous adresser seulement mes sincères félicitations pour l'idée magnifique d'un journal de ciment international et mes voeux les plus cordiaux pour son succès.

Dans ces temps d'évolution rapide des idées, un matériau de construction plastique tel que le ciment convient au moment, et il a une réputation mondiale bien méritée de résistance et durée.

En qualité de pionnier, avec Saylor, du développement de notre industrie Américaine du Ciment Portland, j'ai vu la production croître de 42000 barils en 1880 à 176000000 de barils en 1928 et je vous promets un article à ce sujet pour un prochain numéro du Journal.

Les Usines de Swanscombe de l'Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., Angleterre.

Quelques uns des premiers fours rotatifs construits dans les usines d'Europe furent installés dans les usines de Swanscombe de l'Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd. en 1900; seize fours de 18 m. de longueur étaient en voie de construction. On allongea plus tard ces unités en leur donnant une longueur de 39 m.; de plus on y introduisit graduellement d'autres modifications et améliorations á mesure que se développait la technique de leur emploi. Une vue générale de la nouvelle usine est représentée dans la Fig. 1 (voir page 6).

Cependant, avec les rapides progrès réalisés dans la construction des fours rotatifs pendant les dernières années, on considéra que les fours de Swanscombe, avec les nombreuses modifications et améliorations qu'ils avaient subies avaient suffisamment servi. On décida donc de les retirer entièrement, et on a construit de nouveaux fours rotatifs conformes aux derniers modèles construits; en même temps on a rebâti et modernisé l'usine entière en vue d'une production de 400000 tonnes de ciment par an, ce ciment étant de la plus haute qualité, dont le " Ferrocrete " le ciment à durcissement rapide bien connu.

Dans cette reconstruction, les travaux avaient été rendus difficiles par le fait que l'emplacement était plutôt limité et que l'usine devait fonctionner continuellement. On a eu à faire des travaux de défrichement considérables; de plus, étant donné la nécessité de continuer la fabrication on a eu recours à des délais et expédients provisoires afin d'empêcher l'arrêt des parties essentielles de l'usine. Les travaux étaient toutefois facilités par le fait qu'on n'avait pas besoin d'un matériel générateur d'énergie, l'énergie électrique nécessaire étant prise à la station génératrice de Barking de la " County of London Company."

Les Matières Premières.—Il existe d'importantes réserves de craie et d'argile pouvant assurer l'approvisionnement nécessaire à la production pour un grand nombre d'années.

En ce qui concerne l'argile, un dépôt se trouvant à 1 km., 600 de l'usine est mis actuellement en exploitation. L'argile est lavée dans une délayeur et pompée jusqu'à l'usine sous forme de pâte. Là elle se déverse dans les réservoirs de stockage et de malaxage. On alimente les délayeurs principaux avec sette pâte argileuse, dans les proportions exigées, au moyen d'un grand élévateur de 18 m. de longueur avec une courroie en caoutchouc de 0m75 de largeur, aménagée avec deux rangées de godets. Le moteur actionnant cet élévateur est contrôlé par un système spécial le mettant en marche à des moments déterminés de telle façon que lorsque l'opérateur du moulins presse sur le bouton de mise en marche du déchargeur-élévateur à craie (mentionné plus loin), le même geste met aussi en marche l'élévateur à argile qui fonctionne pour une période déterminée et s'arrête automatiquement pour se mettre en marche quand l'opérateur presse de nouveau sur le bouton. On a évidemment prévu des dispositifs en vue de pouvoir ajouter les qualités d'argile nécessaires indépendamment de

l'opération de montée de la craie, et pareillement, de pouvoir manier au besoin le déchargeur à craie sans qu'il y ait aucune alimentation en argile. La Fig. 2 (voir page 7) montre une pelle mécanique utilisée pour l'extraction de la craie.

Les délayeurs.—On amenait auparavant la craie jusqu'aux moulins laveurs au moyen de wagons à déchargeurs de 3 tonnes, roulant sur une voie de 90 cm. et munis de plateaux extérieurs. On a décidé d'y substituer des wagons à jaugeage normal et une voie ferrée règlementaire; de plus, des dispositions étaient prises pour déverser directement dans le délayeur 10 à 12 tonnes de craie à la fois, afin de réaliser un délayage d'au moins 120 tonnes de craie par heure.

Il y a deux nouveaux moulins préliminaires très massifs de 9 m. de diamètre chacun et tournant à la vitesse de 11 tours/min., actionnés chacun par un moteur de 250 C.V. avec interposition d'un engrenage réducteur de vitesse complètement enfermé qui réduit la vitesse sur l'arbre de 730 à 95 tours/min. Ces moulins de gros lavage sont aménagés avec des grilles massives en acier fondu et sont bâtis sur piliers de sorte que, quand on les lave, les cailloux sont balayés et tombent directement dans le wagon à travers une ouverture faite dans le fond du moulin. Un engrenage spécial à mouvement lent est adapté au moteur du moulin pour que cette opération de balayage puisse se réaliser d'une manière satisfaisante. L'un des moulins fonctionne en assurant le débit total, tandis que l'autre est arrêté pendant ce temps pour nettoyage et réparations. À cause de la disposition du terrain, il est impossible de décharger les wagons à craie dans ces moulins avant de les avoir élevés au préalable; on a installé pour cela un déchargeur à élévateur. Ce déchargeur élève les wagons à une hauteur de 7 m.; il est aménagé avec un déversoir mobile en acier massif permettant de décharger les wagons dans l'un ou l'autre des deux moulins.

La matière première s'écoule, grâce à son poids dans l'un ou l'autre de deux broyeurs intermédiaires; mais à partir de ceux-ci une roue distribue la matière première d'une manière égale dans les broyeurs finisseurs. Cette roue a 7m20 de diamètre et se trouve aménagée avec deux rangées de godets, lui permettant de transporter toute la contenance du broyeur. Les deux rangées de broyeurs comprennent chacune un broyeur intermédiaire de 6 m. de diamètre tournant à la vitesse de 23 tours/min. et aménagé avec des plaques perforés, suivies (après l'élévateur) par trois broyeurs finisseurs de 6 m. de diamètre tournant à la vitesse de 25,5 tours/min. et aménagés avec des plaques perforés à trous plus petits. Des dispositions ont été prises pour assurer la continuité de l'extraction, de la montée et du lavage des petits cailloux sortant des broyeurs intermédiaires et finisseurs dans des conveyeurs à vis.

Chaque rangée de broyeurs est mûe par un moteur de 400 C.V. avec interposition d'un engrenage réducteur de vitesse complètement enfermé, réduisant dans le rapport de 485 à 70 tours/min. Chaque rangée possède sa chambre à pompes propre contenant trois séries de pompes à pistons plongeurs de 30 cm. par 37 cm., accouplées chacune directement au moyen d'un engrenage réducteur de vitesse avec un moteur de 20 C.V., la vitesse des pompes étant de 9,5 tours/min. Ces pompes fonctionnent sous une pression variant de 4 kg,9 à 6 kg,3 par cm^2 et transportent la matière première dans quatre réservoirs malaxeurs en béton armé à agitation par l'air, ayant chacun 5 m. de diamètre et 9 m. de profondeur,

et pouvant contenir chacun 184 m³ de matière première. On a installé un système de soufflerie, et quand le travail est conforme aux prescriptions originales, un cycle complet des opérations doit durer environ 2 heures 30 minutes; chaque réservoir en l'occurence est ainsi pour un peu plus d'une demi-heure en période de malaxage, temps pendant lequel il est " soufflé " six fois consécutivement (chaque " soufflage " durant environ 15 secondes). Avec ce système de soufflerie, le volume du récipient est important étant donné qu'il est vide quand on le " souffle " et, que la pression à laquelle se fait le " soufflage " dépend de la hauteur de la matière première se trouvant dans le réservoir.

Ce dispositif est avantageux quand on utilise les réservoirs pour le stockage, mais ils sont utilisés à Swanscombe exclusivement pour ajuster les proportions du mélange, assurant la composition correcte de la matière première avant son admission dans les malaxeurs principaux. On a donc trouvé qu'il était plus convenable de donner à chaque réservoir quatre ou cinq " soufflages " consécutifs immédiatement après son remplissage par la pâte provenant du moulins. On assure ainsi le malaxage intégral de la matiaux avant leur admission dans les malaxeurs de stockage. Ces derniers comprennant un réservoir rectangulaire de 75 m. par 20 m. aménagé avec des agitateurs à mouvement mécanique et quatre réservoirs circulaires de 20 m. de diamètre. L'agitation se fait par injection d'air.

Les chambres des pompes des malaxeurs ont été reconstruites et les pompes groupées dans deux chambres séparées, un groupe pompant du malaxeur rectangulaire et l'autre des quatre malaxeurs circulaires. Chaque chambre contient trois pompes de 30 cm. par 37 cm. accouplées directement par engrenage à un moteur de 10 C.V. qui pompe directement jusqu'aux extrémités antérieures des fours. La Fig. 3 (voir page 8) est une vue générale des délayeurs.

Les Fours Rotatifs.—Les fours rotatifs, au nombre de trois ont chacun une capacité de 16 tonnes par heure. Ils ont 121 m. de longueur; la zône de cuisson a un diamètre de 3 m 40 et une longueur de 38 m, le reste du four ayant 2 m 80 de diamètre. Chaque four est monté sur sept rangées de bandes annulaires roulant sur supports à rouleaux. L'anneau se trouvant à l'extrémité de chauffage ayant une largeur de 63 cm. et les autres une largeur de 38 cm; ils ont tous une épaisseur de 15 cm. Les diamètres des rouleaux varient depuis 1 m, jusqu'à 1 m 20.

La roue dentée principale actionnant le four a un diamètre de 5 m 30; elle commande un pignon de 19 dents accouplé à une roue dentée à réduction de vitesse dans le rapport 3,3 à 1. La réduction de la vitesse est parachevée au moyen d'un engrenage complètement enfermé accouplé directement à un moteur de 120 C.V. à courant alternatif et vitesse variable. La valeur totale du rapport de réduction de la vitesse est de 1 à 777,25; on s'arrange pour donner au four une vitesse allant de 0,28 à 0,84 tours par minute.

L'alimentation en pâte est contrôlée par une " cuiller d'alimentation " accouplée, au moyen d'un engrenage réducteur de vitesse complètement enfermé, à un moteur à courant continu et vitesse variable de 5 C.V.

Les refroidisseurs sont du type intégral aménagés autour de l'extrêmité de chauffage, et comprenent 12 tubes par four, ayant chacun 5 m 85 de longueur sur 1 m 20 de diamètre. Près du quart de la longueur de chaque refroidisseur, vers l'extrêmité chaude, est revêtu de briques, le reste étant aménagé avec des chaînes.

Les trois fours sont reliés par un conduit latéral à ventilateurs à une cheminée en béton armé de 71 m de haut. Les ventilateurs de tirage peuvent aspirer 170,000 m^3 de gaz, et sont munis chacun d'une jauge hydraulique de 7 cm 5.

La Fig. 4 (voir page 10) montre les fours vus de l'extrêmité d'alimentation; la Fig. 5 (voir page 10) montre les fours vus de l'extrêmité de chauffage.

Dispositifs de Brûlage du Charbon.—On a installé des pulvérisateurs à charbon du type à anneaux roulants avec classificateurs, chacun de ces pulvérisateurs ayant une capacité de broyage de 6 tonnes à l'heure. En égard au tirage élevé qu'exige le système de classification, ainsi que la grande vitesse de l'air exigée dans la conduite de combustion avec ces types de four et de refroidisseur, le ventilateur qu'on a installé a été spécialement construit pour ce but.

L'alimentation depuis les trémies, qui peuvent contenir chacune 90 tonnes, se fait au moyen d'un convoyeur auquel on a incorporé un séparateur magnétique à tambour pour s'assurer de l'élimination de tous les morceaux de fer qui ont pu tomber dans la substance.

La fourniture la plus importante en charbon vient par bateaux. On décharge le charbon au moyen d'une grue électrique de 5 tonnes dans une trémie montée sur roues, à raison de 100 tonnes par heure; cette trémie est déchargée à son tour dans un funiculaire à 2 câbles ayant également une capacité de 100 tonnes/heure. Sa longueur est de 0,50 m; il dépose le charbon soit directement dans des soutes en acier situées au-dessus des moulins, soit dans un stockage de réserve situé au niveau du sol.

Pour transporter le charbon depuis le stockage de réserve jusqu'à la trémie située plus haut, on a installé une grue de 3,5 tonnes capable de se déplacer et possédant une benne ouvrante de 1,75 t. Cette grue peut se déplacer tout le long du magasin et au-dessus des trémies de pulvérisation. Son chemin de déplacement a été également étendu afin de pouvoir décharger directement le charbon des wagons dans les trémies. On a profité du funiculaire pour assurer le transport du gypse jusqu'au magasin; on a installé également des dispositifs pour alimenter directement en gypse l'extrêmité arrière des convoyeurs à bandes servant pour le clinker.

Le clinker est élevé à partir des refroidisseurs jusqu'aux trémies à clinker entièrement au moyen de convoyeurs à bandes et augets. Ces convoyeurs sont doublés tout le long. Ils ont chacun 60 cm. de largeur et se meuvent à la raison de 75 m par minute. Il y a d'abord une paire de convoyeurs plans roulant au-dessous des refroidisseurs et aboutissant à deux paires de bandes inclinées placées en série qui transportent la matière jusqu'au sommet de la trémie à clinker pour la faire écouler ensuite dans une paire de convoyeurs navettes ayant chacun 35 m de longueur et aménagés pour remplir n'importe quelle partie des trémies à clinker. Cet aménagement dispense entièrement de l'emploi des élévateurs pour amener le clinker dans les trémies. Les trémies à clinker, au nomble de deux sont en béton armé et peuvent contenir chacune 1400 tonnes de

ciment. Ces trémies sont situées à une hauteur telle qu'on peut alimenter les broyeurs à boulets en clinker directement à travers les tables d'alimentation. Les moulins broyeurs comprennent 14 rangées de broyeurs à boulets et de broyeurs tubulaires. Les broyeurs à boulets reposent sur une plateforme d'acier et de béton située à une hauteur telle que le produit broyé peut se rendre directement aux broyeurs tubulaires au moyen d'un court convoyeur hélicoïdal. Les broyeurs tubulaires et à boulets constituent des unités indépendantes et sont actionnées chacune par un moteur de 250 C.V. avec interposition d'un engrenage réducteur de vitesse complètement enfermé. La roue dentée située sur le broyeur lui-même est également complètement enfermée et peut être commandée à volonté. La totalité des moteurs et engrenages actionnant ces broyeurs est contenue dans deux chambres séparées situées au-dessous des trémies à clinker. Ces chambres à moteur sont ventilées et réfrigérées au moyen de laveurs à air fonctionnant suivant le système " plenum." Les broyeurs déversent le produit dans des convoyeurs doubles en forme de spirale de 45 cm. disposés au ras du sol, qui à leur tour déversent le produit dans un groupe de quatre élévateurs situés dans le centre du bâtiment. L'un de ces deux élévateurs est capable, à lui seul, de se charger de la totalité du débit des broyeurs, ce débit étant de 100 tonnes par heure environ.

Les broyeurs à boulets sont ventilés d'abord à travers l'espace fermé situé au-dessus des trémies à clinker en vue d'y déposer la plus grande partie des poussières. La ventilation se fait ensuite à travers le toit, et jusqu'à l'air libre. Les broyeurs tubulaires et les convoyeurs à ciment sont ventilés par deux systèmes de cyclones à sacs filtrants.

La totalité du système, comprenant conduites, cyclone, filtre, etc., est entouré de feutre; il a toujours donné entière satisfaction.

Le ciment est stocké dans des entrepôts occupant une surface de 350 m^2 et pouvant contenir 20000 tonnes de ciment. Les élévateurs qui sont en relation avec le moulin broyeur déversent le ciment dans des convoyeurs doubles à bandes qui le transportent directement à travers le magasin et le déversent, à leur tour, dans quatre convoyeurs similaires roulant au-dessus du centre des silos. On stocke le ciment transporté par ces bandes dans les silos au moyen de voitures à bras.

Les silos, qui ont une longueur de 20 m sont disposés en deux rangées parallèles; la distance de chaque rangée jusqu'au centre étant de 7 m. Un conduit hélicoïdal est situé de chaque côté du centre, au ras du sol et dégageant à peine les portes des silos. Quatre groupes de tracteurs électriques, se meuvent sur une rangée de rails disposés le long de l'espace central; chaque groupe est actionné par un moteur de 20 C.V. et se déplace pour actionner les pelles mécaniques qui vident les silos dans les conduits hélicoïdaux. Ceux-ci à leur tour envoient le produit dans un système de convoyeurs à plans inclinés et de convoyeurs hélicoïdaux, se rendant aux trémies situées au-dessus des machines à emballage. Tous ces convoyeurs sont accouplés directement à des moteurs indépendants au moyen d'engrenages réducteurs de vitesse.

Trois voies ferrées sont alignées parallèlement au magasin, juste à côté des murs des silos. Les appareils de mise en sacs sont disposés d'un côté des rails

tandis que les appareils de mise en barils ou en caisses sont disposés de l'autre côté.

Les appareils de mise en sacs consistent en quatre machines à deux tubulures alimentées par une trémie supérieure de 50 tonnes au moyen d'un conduit hélicoïdal d'extraction et d'un élévateur circulaire, assurant ainsi une alimentation régulière dans les machines. L'élévateur circulaire se charge également du ciment qui tombe à côté. Les machines de mise en sacs sont équipées avec des appareils aspirateurs de poussières. Après remplissage, le sac tombe sur une courte courroie de transport à fils de fer, qui l'envoie à son tour sur une plaque tournante de 5 m. de diamètre. Celle-ci est aménagée avec cinq points de chargement et les sacs sont suspendus en tas de 1,5 t à des cordes à crochets. Ces plaques tournent au moyen d'un engrenage solidaire d'un moteur; les cinq endroits de chargement sont ainsi amenés successivement sous l'extrêmité des convoyeurs, réduisant ainsi au minimum le travail de disposition des sacs en piles sur les cordes. Une rotation ultérieure des plaques tournantes amène les tas de sacs au-dessous de deux grues electriques de 1,5 t. Celles-ci sont disposées de manière à embrasser la moitié extérieure de la plaque tournante ainsi que la voie ferrée la plus proche. Les tas de sacs sont soulevés ensemble avec la corde et chargés directement sur les wagons. Les wagons jaugent normalement. Ils ont une plateforme spéciale et peuvent transporter jusqu'à 15 tonnes de ciment par wagon.

Les machines de mise en barils et en caisses comprennent six groupes de machines entretenant des secousses mécaniques. Chaque paire de machines est alimentée par une machine à peser à cadran supérieur dont la plateforme porte une petite trémie de 0,25 t de capacité environ aménagée avec une soupape d'écoulement située dans le fond. Une trémie située sous l'un des convoyeurs hélicoïdaux déjà mentionnés distribue le ciment dans chacun des groupes, comprenant six machines. Cette distribution est controlée au moyen d'une paire de conduits hélicoïdaux entretenant un mouvement de va-et-vient, chacun de ces conduits étant muni de trois issues et soupapes d'écoulement s'ouvrant sur les trémies situées au-dessus des machines à peser. Les barils ou caisses sont élevés après remplissage au moyen de grues pareilles à celles qu'on emploie pour les sacs et déposés sur les plateformes des wagons pour être transportés jusqu'au quai.

La Fig. 6 (voir page 12) montre un broyeur Rema; la Fig. 7 (voir page 13) montre la première moitié d'une trémie à clinker; la Fig. 8 (voir page 13) montre les moteurs des moulins broyeurs; les Figs. 9 et 10 (voir pages 14 et 16) montrent les broyeurs à boulets et les broyeurs tubulaires; la Fig. 11 (voir page 17) montre un appareil de remplissage Bates à plaque tournante.

Le Quai.—L'usine est située à quelque distance d'un fleuve et le ciment, une fois chargé, est transporté jusqu'au quai par des trains de 200 tonnes de charge environ.

On a installé deux grues électriques chacune ayant une capacité de 1,5 t et capable de charger à la raison de 80 à 100 tonnes par heure. La profondeur de l'eau aux grandes marées, au moment des basses eaux est de 7 m. L'ancien quai à charbon qui a 150 m de longueur a été remanié et approfondi; on a installé de plus, comme nous l'avons déjà mentionné une grue électrique pour le déchargement du charbon et du gypse dans le funiculaire.

L'Equipement Electrique.—On achète la totalité de l'énergie électrique dont l'usine a besoin. Les approvisionnements additionnels exigés par le fait de la réorganisation de l'usine nécessitèrent l'agrandisement de la sous-station de telle maniére que celle-ci peut maintenant fournir la puissance totale qui se monte actuellement à 5000 kw. L'énergie est livrée par le Compagnie sous 33000 volts. Des transformateurs installés dans la sous-station qui se trouve dans l'usine abaissent cette tension à 3000 volts, tension sous laquelle elle est employée.

L'installation commence dans l'usine par l'appareil de distribution de 3-K.V. qui contrôle la répartition de l'énergie dans la fabrique. C'est un tableau de distribution avec huit panneaux bâti en unités interchangeables à isolement par l'air. Ce tableau est logé dans une chambre de distribution, adjacente aux trois commutateurs de 3-K.V. de la Compagnie de Distribution, disposée de telle façon que les barres de contact des deux équipements se trouvent l'une en prolongement de l'autre; ainsi, avec ce dispositif, les barres de contact forment un seul tout tandis que les deux tableaux de distribution sont disposés séparément dans deux chambres. Les panneaux d'alimentation de la sous-station contrôlent sept alimentateurs radiaux, reliés entre eux de manière à assurer une double distribution de 3000 volts à six sous-stations locales.

Les puissances des moteurs s'échelonnent entre 400 C.V. et 0,5 C.V. A l'exception du commutateur à courant alternatif et à vitesse variable de 120/40 C.V. fonctionnant sous 500 volts et actionnant les moteurs du four, les moteurs de 100 C.V. et au-dessus fonctionnent sous 3000 volts et les moteurs de moindre puissance sous 500 volts (tension obtenue par des transformateurs 3000/500). L'éclairage se fait sous 110 volts, avec du courant triphasé obtenu au sortir de transformateurs disposés à chaque sous-station.

Chacune des sous-stations est équipée avec le tableau de distribution et les transformateurs nécessaires pour assurer la fourniture en énergie et l'éclairage de la section de l'usine qui lui est dévolue. L'installation permet de délimiter l'énergie fournie à une section sans possibilité de confusion et facilite ainsi l'évaluation de la consommation en énergie et des dépenses relatives à chacun des processus de la fabrication.. Les sous-stations sont construites sur le même modèle, le type d'équipement étant identique dans chacune d'elles. La plus grande est celle qui est en relation avec le moulin broyeur et le matériel de remplissage du ciment; elle est équipée avec un tableau de distribution à pièces amovibles de 3000 volts, un tableau de 500 volts revêtu de fer, du type tableau à manettes, et les transformateurs nécessaires. L'espace offert à l'emplacement de ces sous-stations était limité; on a monté les transformateurs sur le toit de la sous-station, qui consiste en un édifice en ciment armé bâti sur le moulin broyeur.

Tous les moteurs sont du type enfermé et protégé, les grands moteurs de 100 C.V. et plus étant des machines fonctionnant sous 3000 volts, du modèle type et commandées par des volants à trois rayons et des démarreurs à liquide à faible accélération. Les moteurs de moins de 100 C.V. sont des machines fonctionnant sous 500 volts, à carter cylindrique et dispositifs sphériques de

support d'une fermeture spéciale, possédant toutes des ouvertures de ventilation disposées sur la verticale et aménagées avec des ventilateurs qui engendrent un courant d'air de réfrigération très intense à travers les saillies et le centre du moteur. On a enfermé les moteurs et on les a équipé avec ce système de ventilation en vue d'empêcher l'accumulation dans les moteurs de la poussière de ciment dont se trouve chargée l'atmosphère de l'usine. Les moteurs de 100 à 30 C.V. sont à anneaux glissant et sont commandés par des commutateurs montés au niveau du plancher et immergés dans de l'huile avec des démarreurs séparés à surfaces plates immergées dans de l'huile et à faible accélération, ces commutateur et démarreur étant réunis comme une seule unité. 70% des moteurs fonctionnant sous 500 volts ont une puissance de 30 C.V. Leur couple de forces est élevé; ils sont à cage d'écureuil et sont commandés par des démarreurs immergés dans de l'huile du type cage d'écureuil ou du type commutateur direct. On a limité la puissance des moteurs à cage d'écureuil et couple élevé à 30 C.V. en raison des grands courants de démarrages qui seraient nécessaires et qui augmenteraient les dépenses de distribution d'une manière exagérée.

Les moteurs et les appareils de contrôle sont tous de construction simple et robuste. Ils ont été construits en vue d'un travail continu et ne demandant pas beaucoup d'habileté. On a standardisé autant que possible les types et les grosseurs des appareils de controle des puissances et des vitesses des moteurs; tous les appareils similaires sont interchangeables aux points de vue mécanique et électrique, réduisant au minimum le matériel superflu.

La distribution finale dans chacun des moteurs fonctionnant sous 500 volts se fait séparément au moyen d'un tableau aménagé avec des fusibles ayant 50.000 K.V.A. comme puissance de rupture, qui coupent instantanément le courant quand il y a court-circuit. Ces fusibles protègent entièrement les tableaux de prix modéré placés sur un circuit de grande puisance; de plus les fusibles séparés permettent d'isoler efficacement le circuit de chaque moteur aux fins d'inspection ou de réparation.

Les fours rotatifs sont fabriqués par F. L. Smidth & Co., Ltd.; les câbles par W. T. Henley's Telegraph Works Co., Ltd.; les appareils de pulvérisation du charbon par British Rema Manufacturing Co., Ltd.; le funiculaire aérien par British Ropeway Engineering Co., Ltd.; le ponton à argile par Priestman Bros., Ltd.; l'élévateur à wagons par Mitchell Conveyor and Transporter Co., Ltd.; les grues électriques par Stothert & Pitt, Ltd.; les soupapes régulatrices par G. Polysius A.G.; les ventilateurs par Sturtevant Engineering Co., Ltd.; les machines à peser par W. & T. Avery, Ltd.; les locomotives par Hawthorn Leslie & Co., Ltd.; l'équipement électrique par Metropolitan-Vickers Electrical Co., Ltd. et The English Electric Co., Ltd.; les appareils de distribution par A. Reyrolle & Co., Ltd.; le refroidisseur à ciment par Vickers-Armstrongs, Ltd.; les engrenages réducteurs de vitesse par H. Wallwork & Co., Ltd., et The Power Plant Co., Ltd.; les convoyeurs à bandes par Fraser & Chalmers, Ltd.; les machines de mise en sacs sont de la marque Bates.

Quelques Propriétés physiques du Ciment Hydraté.

PAR R. E. STRADLING, M.C., D.Sc., Ph.D., M.C.E.

(Director of Building Research, England.)

Des travaux de recherche ont été entrepris avec quelque succés dans le but d'élucider quelques uns des phénomènes associés aux matières se prenant en gelée employés pour la construction, ainsi que le montrent divers rapports publiés par la Building Research Station, Angleterre. L'une des matières les plus importantes appartenant à ce groupe de matériaux est le ciment Portland. Il a semblé intéressant d'esquisser sommairement une image de ce que peuvent être, selon l'opinion de l'auteur, les directives suivant lesquelles les travaux de la Station sont entrepris, et particulièrement en ce qui concerne le ciment et le béton.

Dans le rapport* du Building Research Board pour la période finissant le 31 Décembre, 1926, on a suggéré une classification des matériaux de construction. De plus on a insisté sur la nécessité qu'il y avait à se documenter, par de plus amples informations, sur le groupe de matières se prenant en gelée dénommées " quasi-solides." Les travaux entrepris pendant ces deux dernières années ont démontré d'une manière frappante l'urgence d'une telle nécessité et le peu de choses qu'on sait sur ce sujet. Les propriétés mécaniques principales d'une matière se prenant en gelée, qui la distinguent des aggrégats cristallins, résident en un changement de volume correspondant à un changement de la teneur en humidité ; de plus ce changement est accompagné d'une variation de la résistance et d'une altération du coëfficient d'élasticité. La dénomination de matière se prenant en gelée a été donnée à ces matériaux de construction pour leurs propriétés précédentes. On n'a fait par là aucune allusion à une structure capillaire définie. Les changements de volume constituent, sans aucun doute les causes du crevassement et du fendillement du béton et des enduits en ciment quoiqu'on n'ait pas encore suffisament compris ce phénomène pour être en mesure d'y parer dans la pratique.

De récents travaux publiés aux Etats-Unis d'Amérique et en Allemagne montrent l'intérêt grandissant qu'on porte à la structure de ces matières. Dans ces travaux, il est surtout question des phénomènes qui caractérisent les ciments déjà pris quand ils sont hydratés ou séchés. Les phénomènes constatés se rapportent au même ordre de faits que ceux constatés à la Building Research Station. Pendant l'année passée, on a fait dans différentes sections de la Station des travaux sur les propriétés de ces matières et particulièrement sur les ciments du type Portland. Il paraît possible, en revoyant ces travaux, de donner un essai d'explication de quelques uns des phénomènes associés à la marche de la prise et du durcissement. Cette explication constitue une hypothèse plutôt que des preuves concluantes. Mais il nous a paru de grande utilité, même en

* Voir pages 10-12, 43-48.

risquant de présenter un travail prématuré, de dégager la signification des données fournies par la Station.

Dans la Fig. 1 (voir page 20) des courbes représentent l'expansion en fonction du temps, cette expansion résultant de l'immersion dans l'eau de divers matériaux de construction préalablement séchés. L'expansion n'est pas la même pour des matériaux différents et le phénomène parait dépendre finalement de deux facteurs qui ont d'ailleurs une importance pratique très grande. Ces facteurs sont: (1) la quantité présente de matière en train de se gonfler; (2) la facilité de pénétration de l'eau.

Comparons, par exemple, les cas du ciment en pâte pure et du béton. Il devrait y avoir un potentiel de liant plus grand dans le ciment en pâte pure que dans le béton; pourtant l'expension de ce dernier est beaucoup plus grande que celle du premier. Le béton en question est en parfait état de prise; il n'est pas de ceux qui possèdent un grand pouvoir intrinsèque d'expansion par l'humidité. Cette anomalie apparente trouve son explication dans le fait que ce béton est très perméable, de sorte que l'eau qui y pénètre atteint le ciment plus facilement.

Ce fait est indiqué encore plus clairement dans les Figs. 3 à 8 (voir pages 22 et 23) relatives à des échantillons de ciment d'épaisseurs différentes conservés dans l'eau et dans l'air (les Figs. 3, 4 et 5 se rapportent à l'expansion d'échantillons de ciment en pâte pure d'épaisseurs différentes, conservés dans l'eau. La Fig. 3 se rapporte au ciment Portland normal; la Fig. 4 à du ciment à durcissement rapide; la Fig. 5 au ciment alumineux. Les Figs. 6, 7 et 8 se rapportent aux retraits d'échantillons de ciment en pâte pure d'épaisseurs différentes conservés dans l'air; la Fig. 6 se rapporte au ciment Portland normal; la Fig. 7 à du ciment à durcissement rapide et la Fig. 8 au ciment alumineux). Il est à noter que dans tous les cas, plus l'échantillon est mince, plus grande est la variation du phénomène, soit que l'eau essaye de sortir dans le cas de conservation à l'air, soit qu'elle essaye de pénétrer à l'intérieur dans le cas de conservation dans l'eau. La nature semi-imperméable du ciment hydraté offre une grande résistance à la pénétration. Le phénomène actuel mesuré dans de tels échantillons est en réalité la résultante des deux effets: hydratation de la paroi extérieure et tension du noyau central. Ainsi quand l'eau pénètre, la paroi extérieure se dilate et se trouve retenue fortement par le noyau central plus sec. Quand l'échantillon est en train de sécher, la paroi extérieure se contracte et se trouve également retenue fortement par le noyau central, plus humide.

Il est évident que si la matière se prenant en gelée peut être atteinte par l'eau, plus l'échantillon est riche en ciment, plus le phénomène doit être considérable. Mais en pratique, quoique la proportion de ciment doit donner à la longue une certaine différence quand le ciment est conservé pendant une plus ou moins grande période soit dans l'eau, soit dans l'air, la perméabilité est un facteur tellement prépondérant que les phénomènes observés avec des masses de béton de dimensions utilisées en pratique dépendent plus, en général, de ce facteur que du ciment contenu, dans la mesure où ces observations concernent des changements quotidiens normaux dans la teneur en humidité.

Les phénomènes représentés dans la Fig. 1 (voir page 20) se rapportent à des échantillons de ciment préalablement séchés. Mais les phénomènes qui ont lieu pendant la prise et le durcissement sont souvent plus importants. La Fig. 2 (voir page 21) montre une microphotographie de la surface polie d'un ciment pris, agrandie 90 fois. Deux constituants principaux sont visibles, indiqués par des particules blanches sur fond noir. Ces particules blanches représentant du clinker anhydre, lequel, une fois atteint par l'eau, s'hydrate et se gonfle.

Quand on ajoute de l'eau à du ciment en poudre, en malaxant, les surfaces des particules s'hydratent, formant un enduit nettement imperméable, quoique pas en totalité. Ainsi, le centre de la particule peut rester anhydre même après plusieurs années de séjour dans l'eau. La raison de ceci ne peut être à l'heure actuelle que supposée car peu de temps après le mélange, il y a un léger doute sur le fait que l'eau puisse et doive pénétrer avec une nette facilité à travers l'enveloppe hydratée de la particule.

Il faut maintenant dire un mot du phénomène de synérèse avant de continuer directement notre exposé. Quand on provoque la formation de silica-gel en mélangeant de l'acide chlorhydrique avec du silicate de sodium dans certaines proportions, la masse colloïdale résultante contient près de 5% de silice et 95% d'eau (et de sel ordinaire). C'est une masse relativement rigide qui peut se maintenir par ses propres moyens, mais on constate que des gouttes de liquide se forment à la surface et la gelée décolle rapidement des parois du vase qui la contient. Cette synérèse a lieu même sous l'eau. Le liquide synérésé est pratiquement de l'eau (avec du sel ordinaire dissous). L'application directe qu'on peut faire des travaux effectués sur la synérèse des silica-gels au cas des gelées de ciment n'est pas encore bien claire. Il semble cependant logique d'admettre que la synérèse est une propriété générale des gelées rigides et qu'elle doit être par conséquent prise en considération. Que les efforts entrepris à la Building Research Station n'aient donné jusqu'à présent que des résultats négatifs, le fait n'est pas surprenant. Rappelant que la synérèse d'un silicagel consiste dans l'expulsion de la quantité d'eau en surplus de la quantité nécessaire pour la saturation extérieure,* il ne faut pas perdre de vue que l'eau qu'on mélange à un ciment est fournie en quantité très arbitraire et probablement insuffisante pour donner une hydratation complète de tout le ciment, même si cela était physiquement possible. Mais ce sont seulement les surfaces des particules de ciment qui sont hydratées, c'est-à-dire une quantité approchant de 30 à 40% de la quantité totale du ciment. Ainsi, immédiatement après le mélange, l'eau peut très bien se trouver en excès dans la gelée, celle-ci étant en équilibre avec les conditions de saturation complète de l'humidité extérieure. Aux premiers instants l'eau peut pénétrer lentement dans la paroi hydratée, mais cette pénétration se ralentit visiblement très vite, probablement à cause de l'obstruction des canaux à travers lesquels l'eau devrait passer. Mais cette pénétration, et l'hydratation ultérieure résultante sont probablement suffisantes pour enlever

* Voir une courte discussion de ceci ainsi que des références utilisées dans cet article dans : "Effects of Moisture Changes on Building Materials," by R. E. Stradling (B.R. Bulletin, No. 3).

l'eau qui a subi la synérèse au début, avec ce résultat qu'on ne trouvre plus d'eau à la surface des échantillons.

Revenons à l'exposé direct de notre sujet. Puisque la synérèse est une propriété générale de ces gelées rigides, il est évident que même si les échantillons de ciment hyraté étaient immergés dans l'eau aussi rapidement que possible après le mélange, on devrait trouver que le phénomène de contraction a lieu tant que la structure de la gelée existante est intéressée. Mais on arrive au résultat opposé avec le ciment Portland Normal. On est ainsi conduit à faire l'une des deux suppositions suivantes: 1° La synérèse n'a pas lieu et la gelée de ciment même en formation contient une quantité d'eau moindre que celle se trouvant en équilibre avec le degré hygrométrique extérieur, ou 2°: L'enveloppe de ciment hydraté est perméable à l'eau aux premiers instants du mélange et l'hydratation ultérieure qui s'ensuit cause l'expansion observée quand des échantillons de ciment Portland frais sont conservés dans l'eau.

D'autres phénomènes que nous discuterons plus loin semblent tous démontrer que l'hydratation ultérieure peut se produire. Il est donc logique de conclure provisoirement que notre deuzième hypothèse est valable, en d'autres termes qu'on ne doit pas considérer le ciment hydraté comme différent des autres gelées rigides mais que l'expansion observée est due à une hydratation ultérieure causée par le passage de l'eau à travers l'enveloppe.

Toutefois, l'expérience montre que cette hydratation ultérieure n'est pas très pousée dans le cas de la conservation dans l'eau. La Fig. 3 ((voir page 22) en témoigne d'après les travaux effectués à la Building Research Station. Les échantillons de ciment Portland normal (ciment en pâte pure) sur lesquels on a effectué les mesures n'ont jamais eu le temps de sécher après le mélange. Ils consistaient en des barreaux rectangulaires de 5 cm. par 10 cm. dans lesquels on insérait à chaque bout de petites boules de métal. Les mesures étaient prises entre ces boules au moyen d'un micromètre. On prenait trois séries de barreaux, ayant chacun les mêmes longueur et largeur (de 5 cm. × 10 cm.) mais d'épaisseurs différentes. Les boules étaient disposées de manière que la longueur de base sur laquelle on mesurait l'expansion était partout de 7 cm 5.

On prit comme épaisseurs pour les trois séries: 3 mm, 12 mm 5, et 50 mm; on peut concevoir que le phénomène eût une allure rapide au début, plus rapide dans les échantillons minces que dans les épais. Les courbes deviennent pratiquement parallèles après un certain temps, et quoiqu'ils augmentent tous en longueur, l'accroissement paraît lent et indépendant de l'épaisseur.

Apparemment dans le premier stade du phénomène, l'action chimique de la première hyratation et le durcissement de la matière progressent encore; la matière ne s'est pas encore durcie en une seule masse et l'eau peut y pénétrer. Plus tard, toutefois ces trois effets se ralentissent ou s'arrêtent. Il est probable que les deux premiers s'arrêtent tandis que la pénétration de l'eau devient très lente. Cependant une certaine quantité d'eau doit pouvoir entrer, sinon l'hydratation ultérieure ne pourrait pas avoir lieu et il serait difficile d'expliquer l'augmentation progressive de longueur.

Nous mentionnerons plus loin quelques unes des conséquences de ces phénomènes d'hydratation. Il faut mentionner cependant dans l'exposé de ce phénomène les travaux d'expérimentation de A. H. White entrepris aux

États-Unis. White a mesuré l'expansion de barreaux de ciment sur des périodes de 19 ans environ. Il a trouvé qu'en gardant dans l'eau un barreau de ciment préalablement desséché pendant deux ans, l'allongement dépassait 0,5%. Au bout des 19 ans, l'expansion et la contraction continuent à se manifester avec l'hydratation et le séchage, ce qui donne à penser que ces effets d'hydratation influent pratiquement sur la durée d'une construction.

Ciments à Durcissement Rapide.—Au point de vue physique, les ciments à durcissement rapide des types Portland ou alumineux peuvent être considérés comme des espèces de ciment dans lesquels la prise et le durcissement s'effectuent pendant un temps relativement court, par rapport au ciment Portland ordinaire.

Les Figs 4 et 5 (voir page 22) montrent les courbes relatives à des échantillons de Portland à durcissement rapide et de ciments alumineux, semblables en forme et en volume aux échantillons de ciment Portland donnant les courbes de la Fig. 3 (voir page 22). Le phénomène a la même allure en général. La seule différence importante se fait sentir dans le cas des échantillons de ciment alumineux de 5 cm. (Fig. 5, voir page 22). Ici, même avec la conservation dans l'eau, on constate d'abord une contraction, suivie d'une expansion analogue à celle observée dans les autres ciments. Cette contraction est spécifique aux échantillons épais de ciment alumineux. On pense qu'elle est dûe à la synérèse de la gelée se manifestant pendant l'action chimique, et qu'elle est encore plus prononcée dans ces échantillons plus grands, par le fait que l'action chimique y est beaucoup plus rapide, la substance faisant prise et devenant relativement imperméable dès le début. On observe le même phénomène dans les bétons.

Les échantillons de ciment conservés dans l'air présentent une autre série de phénomènes. Le facteur prépondérant est la dessication. Les Figs. 6, 7 et 8 (voir page 23) montrent les courbes obtenues avec des échantillons semblables aux échantillons employés précédemment.

Dans tout les cas, on observe une contraction, inversement proportionnelle à l'épaisseur, quoi qu'elle devienne uniforme au bout d'un certain temps, donnant des courbes parallèles, dont l'inclinaison varie avec l'humidité de l'air. Quoiqu'il semble que l'hydratation s'arrête, il paraît probable qu'en raison de l'humidité appréciable de l'air environnant, de faibles hydratations ultérieures pourraient avoir lieu si des ruptures mécaniques venaient à se produire, ouvrant les particules hydratées de clinker. Que cette hydratation ultérieure puisse avoir lieu, comme suite à une rupture dans la structure, est démontré par l'existence du phénomène appelé " autogenous healing," qui consiste en un regain de la résistance du béton après avoir été contraint à une rupture partielle.

Les Mortiers et Bétons.—Presque tout le béton utilisé pour la construction doit pouvoir, par nécessité, prendre et durcir à l'air. On sait très bien que des fissures importantes ont lieu avec l'emploi du ciment en pâte pure et que de telles fissures sont considérablement réduites par l'incorporation dans le mélange de sable, cailloux ou autre matériau similaire. Naturellement, la diminution des fissures n'est pas la seule raison d'emploi du béton à la place du ciment en pâte pure.

La question du prix est naturellement importante. Mais le fait demeure que le ciment en pâte pure ne pourrait trouver un emploi pratique sur de grandes surfaces et dans les conditions normales, comme matériau de construction, étant donné son retrait au séchage.

Comment les fissures sont elles diminuées par l'incorporation d'un corps inerte? On pense, en premier lieu, que des forces de pression naissent par le fait du retrait du ciment encerclant les particules inertes. Ces dernières ont une tendance à se libérer pour faire relâcher les forces de pression. En second lieu, le relachement ne se produisant pas par ce moyen, des fissures minuscules se produisent dans l'enveloppe de la particule de ciment et sur les particules inertes, permettant le relâchement des forces de pression. Dans le cas où aucun de ces phénomènes n'arriverait à se produire, ou si, grâce à des singularités existant dans la forme de la masse du béton, une voie de relâchement plus facile devenait possible par une fissure plus grande, alors, même avec la présence de la substance inerte incorporée, on ne peut prévenir la formation de fissures importantes dans le ciment lui-même.

Les mesures effectuées à la Building Research Station sur les conditions d'écoulement du ciment et du béton sous charge ont montré que cet écoulement varie en raison directe de l'effort exercé et en raison inverse de la vétusté de l'échantillon. Il en résulte que le relachement des forces de pression semble devoir se manifester au commencement. La fissuration microscopique ultérieure semble devoir manifester plus d'activité quand les forces de cohésion sont les plus faibles, c'est-à-dire encore au début. Comme nous le verrons plus loin, la fissuration microscopique apparaît comme un phénomène de haute importance relativement au séchage, quand on exige l'obtention d'un béton imperméable. Ce phénomène est particulièrement marqué quand on compare dans cet ordre d'idées le ciment normal avec le ciment à durcissement rapide.

Un exemple exagéré de ce phénomène servira peut-être à mieux le comprendre. Prenons, au lieu du ciment et de la matière inerte incorporée, du silica gel et de la poudre de pierre ponce. Le retrait observé sur des échantillons de ce mélange est beaucoup plus accusé que le retrait observé sur du mortier ordinaire. Pour permettre une plus ample explication de ce phénomène on a préparé une série de cubes constitués par des mélanges de silicagel et de poudre de ponce, pris en proportions différentes. Les cubes marqués 100% dans la Fig. 9 (voir page 27) étaient préparés en remplissant le moule entièrement avec de la ponce et en y versant ensuite du silicagel formé en mélangeant du verre soluble avec de l'acide chlorhydrique. Le cube marqué 75% était préparé en remplissant le moule jusqu'aux trois quarts en poudre et en y ajoutant le liant-gelée tout en agitant le moule pendant la prise du liant. Pareillement, les cubes marqués 50% et 25% étaient préparés en remplissant le moule respectivement jusqu'à la moitié, ou jusqu'au quart en poudre, et en ajoutant ensuite la gelée, tout en agitant le moule jusqu'à la prise. Le gelée libre était préparée en jetant un seul cube de silice. Les clichés de la Fig. 9 (voir page 27) montrent l'aspect des cubes après différentes périodes de séchage. Le liant contenait près de 95% d'eau, de sorte qu'il se produisait, au séchage, un retrait suffisant pour provoquer la rupture de la gelée ciment autour de la pierre ponce.

Examinons d'abord la série de clichés relatifs aux cubes ayant 100% de poudre de pierre ponce. Nous voyons que le volume des cubes n'a visiblement pas changé après une période de 27 jours; en fait une faible expansion a eu lieu. La liant (silicagel) s'est complètement fissuré autour des particules qui, par conséquent ne sont plus assujetties à des liaisons. Si à cette époque on avait touché le cube sans prendre de grandes précautions, il serait tombé en un tas de poudre semblable à la ponce avec laquelle on avait rempli le moule. Examinons maintenant la série portant comme étiquette " Silicagel." Elle correspond à du ciment en pâte pure, et on peut voir que le volume du cube s'est progressivement contracté et qu'à la fin de grandes fissures ont fait leur apparition et la matière s'est effritée. Les cubes de compositions intermédiaires se sont conduits d'une façon intermédiaire entre les deux cas extrêmes étudiés.

La Fig. 10 (voir page 29) montre les faces de quelques uns de ces cubes, photographiées à des époques différentes. Le flou apparent des clichés représentant les cubes frais est dû au fait que les grains de ponce étaient recouverts par du silicagel.

Un examen de ces clichés nous permet de déduire les conclusions suivantes: (1) La retrait total est directement proportionnel à la proportion en liant; (2) les fissures occasionnées par le retrait sont d'autant plus importantes que la proportion en liant est plus élevée; (3) avec les mélanges très riches en liant, une désintégration a lieu, se manifestant par la formation d'abord de grosses fissures, et ensuite de fissures moins marquées autour des particules d'agrégat; (4) avec les mélanges très pauvres en liant (100% de ponce) comme l'agrégat ne pourrait être rendu compact, il s'effrite. Le phénomène se produit autour des particules individuelles de ponce.

En pratique, les phénomènes de retrait d'un ciment ne sont pas, toutefois, du même ordre de grandeur que ceux relatifs au silicagel. Mais les cas sont analogues et si on niait la réalité de cette analogie, les raisons de conduite du mortier et du béton resteraient incomprises. En d'autres termes, il faut toujours avoir dans la tête cette idée de retrait autour des particules inertes, si on veut éclaircir les anomalies rencontrées dans les essais de ciment et de béton.

Comme conclusion, nous pouvons affirmer qu'une masse de mortier ou de béton est ordinairement le siège de forces intérieures de pression dûes au retrait inégal des différentes partis de la masse, ce phénomène étant juxtaposé aux pressions introduites par le retrait initial. De plus, des forces de pression considérables apparaissent lors de l'hydratation des particules anhydres (par exemple dans le cas de conservation dans l'eau). De telles pressions conduisent à la rupture, ou sont libérées par écoulement de substance. La rupture n'est pas très importante dans le cas d'une immersion totale, étant donné que l'hydratation tend à combler automatiquement la fissure.

Avant de comprendre d'une manière plus parfaite le mécanisme de ces phénomènes d'hydratation la prévision de la fissuration n'est pratiquement pas possible. Comme l'étude des phénomènes thermiques des métaux a ouvert de nouveaux horizons à l'industries mécanique, d'une manière semblable, l'étude du phénomène parallèle de l'hydratation du ciment et des matériaux en ciment permettra de nouveaux progrès dans la technique de la construction.

Les propriétés essentielles du ciment non encore garanties par le fabricant.

Par le PROFESSEUR OTTO GRAF (Stuttgart.)

Les essais de matériaux, en vue d'essais type doivent être conduits de façon à permettre aux résultats obtenus grâce à ces essais d'être appliqués à la pratique en cours. Cependant, dans le cas du ciment on ne peut pas dire que ces conditions désirables soient entièrement réalisées.

Les essais de résistance à la compression et à la traction, par exemple, sont effectués habituellement sur des pièces d'essai consistant seulement en ciment et sable, qui ne sont pas d'utilisation courante en pratique. Il est vrai que les résultats des essais effectués sur les mortiers donnent une idée approximative de la résistance du ciment, employé sous forme de béton, mais l'expérimentateur peut être induit en erreur dans les conclusions qu'il peut tirer de tels essais. Des expériences sont tentées dans différents pays pour découvrir une méthode d'essais perfectionnée, à la traction et à la compression. A mon avis, on doit utiliser des mortiers plastiques avec sable de bonne composition granulométrique.

Le retrait ou la dilatation du béton, oblige à ménager des joints dans les constructions en béton pour les protéger contre le retrait ou le gonflement. Des précautions méticuleuses sont également nécessaires pour empêcher le béton de sécher trop rapidement. De telles précautions augmentent le coût de la construction de sorte qu'il est hautement désirable d'arriver à fabriquer un ciment ne présentant pas de retrait ou du moins beaucoup moins sujet au retrait que les ciments actuels.

La résistance du ciment aux acides corrosifs est en rapport avec sa composition chimique et il reste à trouver une solution satisfaisante à ce problème. Dans cet ordre d'idées on peut dire que dans beaucoup de cas l'expérience n'a pas confirmé l'hypothèse courante que c'est la chaux incluse qui laisse le ciment vulnérable à l'attaque des acides.

La perméabilité du béton est une question de grande importance dans la construction des citernes et autres édifices destinés à contenir de l'eau. Le choix du ciment convenable pour un tel travail demande une attention particulière. D'après des essais effectués, j'ai trouvé qu'un échantillon de béton fait avec un certain ciment, se trouvait être imperméable lorsqu'il est soumis à une pression d'eau de 7 atmosphères, tandis qu'un échantillon semblable, fait avec un autre ciment était perméable, soumis seulement à 1 atmosphère. Les ingénieurs expérimentés savent quel est le ciment qui forme le béton le plus imperméable, mais il reste fort à désirer la découverte des propriétés spéciales qui font qu'un ciment est plus imperméable qu'un autre, autant en ce qui concerne la composition chimique que les procédés de fabrication.

Dans n'importe quelle discussion portant sur l'essai de matériaux, il est essentiel d'avoir ancré dans l'esprit que les propriétés des matériaux sont influencées à un degré considérable par les normes types existantes. Dans le cas du ciment aussi, les propriétés spécifiées reçoivent la plus grande attention.

Les Essais sur les Ciments.

Par DR. HANS KÜHL.

Professeur aux Laboratoires de " l'Institut pour les Recherches Techniques sur les Ciments " et de " l'École Technique Supérieure " de Berlin.

Les nomenclatures des ciments-types universels forment un labyrinthe, à travers lequel même un expert trouve difficilement son chemin, les différences devenant si grandes qu'elles exigent de sérieuses recherches pour comprendre un cas particulier pour lequel les nomenclatures des différents pays s'accordent les unes avec les autres.

En premier lieu, quant aux définitions, l'expérience nous a montré que les différences les plus considérables sont relatives à ce qui doit être classé comme clinker de ciment Portland, et ciment Portland. Alors que dans certains pays on entend le clinker de ciment Portland comme un clinker qui a été obtenu par la cuisson d'un intime mélange artificiel de matières contenant de la chaux et de matières argileuses, d'autres pays admettent de classer comme clinker de ciment Portland des matériaux que l'on obtient en cuisant des matières se trouvant avoir déjà, naturellement, la composition chimique exacte du ciment, sans aucune préparation artificielle des matières premières.

Les différences apparaissent encore plus grandes si l'on s'occupe de ce qui doit être regardé comme Ciment Portland. La nomenclature-type anglaise, par exemple prescrit que seuls du gypse et de l'eau peuvent être ajoutés après la cuisson du clinker, tandis que l'Allemagne et les autres pays sont plus tolérants à cet égard et admettent dans certaines limites, l'addition d'autres corps en vue de règler le temps de prise. D'autres pays encore, comme, par exemple, l'Italie s'abstiennent tout à fait de définition rigoureuse. Il en résulte qu'en Italie des matières étrangères peuvent être moulues avec le clinker cuit sans nuire à la valeur commerciale du produit, pourvu que ses qualités techniques soient en accord avec sa désignation.

Je n'ai pas l'intention de traiter en détail les nombreuses différences de moindre importance qui apparaissent dans les nomenclatures types des différents pays pour la finesse, la densité apparente, et le temps de prise, car il existe à ces égards au moins une concordance à la base, et une marche générale d'essai qui excluent les trop grandes différences. Les idées sur les méthodes de mesure de l'état de prise semblent être beaucoup plus variées; tandis que presque tous les pays spécifient les essais: 28 jours et eau froide, nous rencontrons souvent des demandes d'essais d'état de prise accélérée, et à cet égard nous sommes mis en présence d'une diversité plutôt étonnante. Pour les épreuves accélérées, on spécifie, en général, une température de 100° centigrades, mais l'Australie demande une témperature de 80 à 94°C, et pendant que la plupart des pays utilisent l'eau bouillante sous une forme ou sous une autre—soit l'essai écossais, soit l'essai de Le Chatelier—d'autres pays, comme la Pologne, spécifient que les échantillons éprouvés doivent être soumis à la vapeur et non à l'eau.

Les différences dans les nomenclatures sont d'ailleurs considérables lorsqu'il s'agit d'essais de résistance. La qualité du ciment dépend, soit de sa résistance à la traction ou à la compression, soit d'une combinaison de plusieurs essais de résistance. Il y a des désignations d'essais de ciment en pâte pure, et aussi d'essais de mortiers. Certains pays essayent des mortiers plastiques, pendant que d'autres utilisent des mortiers de consistance " terre humide." La préparation mécanique des échantillons pour essais revendique la supériorité sur le moulage à la main. D'énormes différences existent même entre des méthodes analogues de moulage des échantillons, l'appareil à marteler est différent de celui à damer, et la spatule ne fait pas comme le pouce. Il n'est donc pas surprenant que les valeurs de la résistance varient dans de grandes limites, puisque ces différences dépendent non seulement de la désignation spécifique des essais, mais aussi des différences fondamentales des interprétations de ces spécifications. Les remarques ci-dessus peuvent suffire à démontrer non seulement aux experts, mais aussi aux autres personnes non familiarisées avec le sujet, que nous sommes loin des méthodes uniformes pour les essais de ciment, telles que la nouvelle Société Internationale des essais de Matériaux désire les introduire.

Il semble évident que la variété des nomenclatures-type est en corrélation avec l'égale variété des développements de la technique dans les différents pays, car, en fin de compte, les nomenclatures dénotent les résultats que les fabricants visent à atteindre. Pourtant dans le cas qui nous occupe c'est réellement le contraire. La qualité du ciment est à peu près la même dans tous les pays dont le développement technique est similaire. Quoique la qualité ne diffère pas beaucoup, et en dépit de la nécessité de l'uniformité des nomenclatures, on peut dire que les spécifications, malgré leurs différences, sont en rapport avec les usines à ciment sous les auspices desquelles elles sont établies. Ce fait devra être pris en considération spécialement par ceux qui désirent une simplification internationale des nomenclatures-type. Il n'est réellement pas important par exemple, que la proportion d'anydride sulfurique soit limitée à 2, 5 ou à 3%, ou bien que le résidu maximum admissible sur le tamis de 4900 mailles par cm^2 atteigne 20% ou 25%, ou bien que soit appliqué l'essai à l'eau bouillante de Michaelis ou l'essai à l'aiguille de Le Chatelier, ou bien que le temps de prise soit déterminé par l'aiguille de Vicat ou de Gillmore; ou bien que la résistance soit mesurée en employant des mortiers plastiques ou de consistance " terre humide," quoique sur ce dernier point on puisse ne pas être d'accord. Ce n'est pas le but de cet article de traiter de tels détails. Je préfère développer quelques idées générales sur les essais et la classification des ciments, et sur leur développement futur.

Il y a d'abord l'importante question de savoir s'il est avantageux de déterminer des spécifications-type qui puissent être appliquées d'une manière générale à un groupe de différents matériaux de construction, ainsi que l'a fait l'Italie, ou bien si l'on va mieux à la rencontre des nécessités avec une spécialisation strictement définie, comme nous le faisons en Allemagne.

Je suis d'avis que la spécification doit être strictement adaptée au caractère du matériau à éprouver et qu'il faudra en venir à une spécialisation poussée très loin. Dans une communication récente lue à Dresden devant l'Association

des Fabricants allemands de Ciment Portland, j'ai indiqué que même deux ciments Portland, pareils, eu égard aux spécifications allemandes strictement définies, sont notablement de rang différent quand on les utilise en pratique, même lorsqu'ils montrent au préalable la même résistance type. Je fus capable de prouver que même avec les moyens limités d'un laboratoire d'essais, deux ciments Portland de valeur égale selon les essais types, donnent des différences de résistance jusqu'à 50%, lorsqu'on les utilise comme mortiers hydrauliques. Guttmann, quand il fit des essais sur des échantillons de Béton Hydraulique provenant de deux ciments Portland de même résistance type, trouva par expérience des différences encore plus étonnantes, s'élevant jusqu'à 100%. Puisqu'il est possible que l'on obtienne de telles différences avec des ciments de même genre et de même résistance-type, il est aisé de concevoir combien différentes seront les propriétés des mortiers de genre varié, lorsqu'ils sont essayés selon les mêmes spécifications. Il n'est pas difficile, par exemple, de faire des mélanges de chaux et d'autres matières, d'une manière analogue a la composition du ciment, et qui donnent d'excellents résultats en les essayant d'après les spécifications du ciment Portland. Toutefois, quand les mortiers sont essayés d'une façon différente, telle que, par l'addition de plus de sable, ou par l'usage d'un mortier hydraulique, il en résulte presque toujours des valeurs moins satisfaisantes que celles données sans aucune difficulté par un ciment Portland de même résistance-type. Je préfère poser la règle suivante pour traiter de la valeur des liants hydrauliques: "Spécifications-types différentes, pour chaque matériau de construction."

Les exigences pour la densité propre et la densité apparente encore spécifiées dans de nombreux pays me semblent surannées. Les ciments Portland qui sont en accord avec une définition exacte et avec des exigences techniques appropriées possèdent nécessairement une densité propre élevée. Au lieu de l'attachment au poids par litre, basé sur l'avis qu'en pratique le ciment et les agrégats sont mélangés grâce à des mesures volumétriques, il serait préférable de se préparer aux mesures en poids. Ceci n'exclut pas, naturellement, les mesures des matériaux en volume pourvu que la densité apparente du ciment et des agrégats aient été préalablement déterminés.

Les spécifications de finesse étaient jusqu'à présent limitées aux valeurs maxima du résidu sur tamis. Personne n'avait l'idée de fixer aussi des valeurs minima, et de spécifier, dans cet ordre d'idées, que les ciments ne devront pas être broyés trop finement. Je suis d'avis que le moment est venu où les spécifications de la grosseur minimum des grains de ciment sont plus importantes que les nomenclatures actuelles qui limitent le résidu maximum. Les exigences sur les qualités de durcissement du ciment sont une suffisante assurance contre le ciment trop grossièrement moulu. Tous les fabricants qui obéissent aux prescriptions actuelles de résistance sont obligés de broyer suffisamment fin. On a cru longtemps qu'il n'y avait pas de limite à la finesse de mouture du ciment, mais les partisans d'une mouture moins fine sont de plus en plus nombreux. Dans beaucoup de cas, ils basent leur opinion sur le fait que le poids le l'unité de volume décroît quand le ciment est moulu trop finement, causant ainsi des difficultés dans le travail, tant que les proportions

de ciment et d'agrégats sont mesurées d'après le volume. D'autre part, on a remarqué que des ciments trop finement moulus font preuve de résistances décroissantes lorsqu'ils sont stockés. Le danger inhérent à la trop grande finesse de mouture du ciment, réside, à mon avis (comme je l'ai indiqué à la récente réunion de l'Association des Fabricants Allemands de Ciment Portland) dans le fait que de tels ciments sont plus sensibles à un excès d'eau que des ciments moulus plus grossièrement. La grosseur des grains de ciment donne, à mon sens, la vraie clef de cette énigme que des ciments Portland de même résistance étalon donnent des résistances variant jusqu'à 100% selon qu'on les emploie en bétons secs ou hydrauliques. J'espère donc que les prochaines nomenclatures de ciment, ayant trait à la composition granulométrique, auront pour bases, moins le résidu maximum sur tamis à mailles relativement grosses que la proportion des grains moulus le plus finement. Ceci est possible, depuis que nous possèdons des appareils dignes de confiance pour mesurer la finesse du ciment par succion ou dépôt au moyen de courants d'air.

Le temps de prise du ciment est à l'heure actuelle généralement déterminé par l'aiguille, en utilisant des mortiers plastiques ou du ciment en pâte pure, mais on ne doit pas oublier que dans la pratique, le ciment est utilisé dans des conditions tout à fait différentes. L'addition d'une plus grande quantité d'eau dans les mortiers ou le béton cause un temps de prise plus long que celui donné par les essais de laboratoire. Il est donc à souhaiter que l'on invente une nouvelle méthode de mesure du temps de prise, mieux adaptée à la pratique. La solution du problème sera difficile. L'introduction des procédés thermiques ou électriques ne sera pas judicieuse, cars ils sont exposés à des variations à un degré beaucoup plus élevé que les méthodes mécaniques actuelles utilisant les appareils à aiguille.

Les exigences relatives à l'état de bonne prise ont été pendant longtemps l'objet de discussions. A l'heure actuelle on admet comme définitif que le durcissement du ciment consiste en une " prise en masse," et que l'eau incluse est en relation avec la température et le degré hygrométrique de l'air ambiant, et l'on conçoit qu'un mortier de ciment n'existe pas et ne puisse pas exister à l'état de prise absolument parfaite. En égard à ce fait, il est évidemment nécessaire de préciser un état de prise minimum pour chaque ciment. Mais que devront être ces nomenclatures? Il est entendu aujourd'hui qu'un essai avec eau froide et au bout de 28 jours n'est pas suffisant, mais il est aussi admis que tous les essais accélérés ne sont pas liés à la pratique et qu'ils sont, par conséquent, de valeur douteuse. Je souhaite que cette question soit résolue par une voie détournée, en faisant usage des spécifications de résistance.

Ceci nous conduit à la question des essais de résistance. Avant de se reporter aux rapports entre l'état de prise et la résistance, quelques remarques générales sur les essais de résistance ne sont pas déplacées. Ayant reconnu qu'en pratique un ciment peut se comporter d'une façon tout à fait autre que celle attendue d'aprés les essais de résistance au laboratoire, il semble nécessaire d'adapter, aussi loin que possible, la méthode d'essai de la résistance aux conditions du travail. Aussi longtemps que le béton damé fut prédominant les essais de mortiers de consistance " terre humide " étaient

indiqués. Cependant les bétons plastiques et hydrauliques sont maintenants plus généralement utilisés dans les travaux modernes de construction. Ceci est, à mon avis, la raison de souhaiter qu'à l'avenir les essais de mortiers plastiques aient une importance croissante. Il est intéressant de noter que, surtout en Allemagne, où jusqu'à présent on a insisté avec ténacité sur les essais de mortiers de consistance terre-humide, une révolution est proche d'après les résultats des nouvelles recherches sur les mortiers plastiques, exécutées par le laboratoire de l'Association des Fabricants allemands de ciment Portland.

J'espère que dans les essais allemands de mortiers plastiques les principales règles de fabrication mécaniques des échantillons seront poussées aussi loin que possible. L'expérience a montré que la confiance dans un essai de résistance a augmenté au même degré que la mécanisation de la méthode d'essai. Ceux qui sont familiarisés avec les méthodes exactes spécifiées par l'Allemagne, et avec les règlements similaires, seront étonnés d'apprendre qu'aux Etats-Unis les échantillons pour essais sont moulés au pouce. Il faut toutefois reconnaître que cette méthode de fabrication des échantillons y a été développée jusqu'à un très haut degré de précision et d'uniformité.

Jusqu'à ces dernières années, les essais de résistance sur des échantillons de ciment en pâte pure étaient considérés, en Allemagne, comme surannés. Suivant les études de Gurt Prussing, il est possible de tirer des conclusions très utiles des essais d'échantillons faits en pâte pure de ciment; de sorte que l'intérêt de ce genre d'essais de résistance se ranimera probablement. Prussing trouva que des échantillons agés de plus de dix ans, conservés dans l'eau, et essayés à la traction donnaient une résistance d'environ 70 kgs par centimètre carré, lorsqu'ils étaient essayés encore mouillés, tandis que la résistance à la traction se réduisait à 25 kgs par cm^2 losqu'on laissait sécher les échantillons au préalable. Cette expérience est tout à fait en opposition avec les résultats donnés par les mortiers de ciment et de sable car ces essais font généralement ressortir une augmentation de résistance, lorsque les échantillons ont été gardés à l'air, après une conservation antérieure dans l'eau. Il est évident que de ces essais, on retirera des renseignements intéressants ceux qui étudient le durcissement du ciment.

Sur la question de savoir si l'on doit essayer le ciment à la compression, à la traction ou à la flexion, j'ai, pour ma part, favorisé l'essai à la traction pendant un certain temps et j'ai toujours été opposé à la prédominance croissante de l'essai à la compression, comme l'on fait dans beaucoup de pays d'Europe. Il est certain que l'essai à la compression est d'une plus grande importance dans la pratique, mais l'essai à la compression est sans valeur si un bâtiment se fissure aux points où une résistance élevée à la traction est requise. Les armatures du béton, quoique exactement calculées, ne sont pas capables de s'opposer à un certain allongement à ces points où une résistance élevée à la traction est nécessaire, allongement qui corresponde à l'élasticité des armatures. Le béton entourant les aciers doit, au moins sans se fissurer, s'adapter à l'allongement, et ceci est la véritable raison pour laquelle le béton doit possèder une résistance élevée à la traction et une élasticité élevée.

Il y a cependant encore une autre question qui se pose tant que l'on s'occupe de la résistance à la traction. En augmentant la proportion de chaux dans les matières premières, il en résulte une augmentation de la résistance à la tension et à la compression, mais aussitôt que la quantité de chaux atteint une certaine limite, la résistance à la compression continue de croître, tandis que la résistance à la tension décroit. Ceci se remarque surtout lorsque les échantillons ont été conservés longtemps sous l'eau. Une autre augmentation de la chaux incluse, et il en résulte une diminution de la résistance à la compression, ainsi qu'un état apparent de non prise. Il est, à mon avis, évident qu'il existe certaines relations entre l'état de bonne prise et la résistance aussi bien à la compression qu'à la traction, et je devais indiquer ce phénomène avant d'expliquer que ces points de vue doivent être présents à l'esprit, à l'égard de la bonne prise d'un ciment, et aussi que ces points de vue ne peuvent être obtenus que par la voie détournée de l'essai à la traction.

Il semble pourtant que la parenté entre la résistance et l'état de prise est plus variée encore qu'il paraît d'après la relation entre les résistances à la compression et à la traction. Le phénomène remarquable qui a été révélé notamment par Gensbaur, sur les mortiers de ciment et de sable en les conservant alternativement dans l'eau et dans l'air, et auxquels Prussing s'est référé dans ses essais de ciment en pâte pure, semble augmenter nos connaissances sur les relations mutuelles entre la résistance et l'état de prise. Comme ceci constitue un champ de recherches pas assez défriché, l'importance de ces relations ne doit pas être négligée. Un examen systématique des résultats d'essais sous le contrôle des instituts officiels d'essais de matériaux, mettra en lumière les relations entre la résistance et l'état de prise des ciments. Lorsque ces relations auront été reconnues et confirmées par la recherche scientifique, nous pourrons peut-être imaginer de nouvelles spécifications pour la résistance et l'état de prise des ciments.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Tarif des Abonnements.

À cause de l'accroissement considérable du prix de revient de " Cement and Cement Manufacture " sous sa nouvelle forme, il est devenu nécessaire d'élever le prix du numéro à 2 schellings. Le prix de l'abonnement annuel (y compris les frais de port pour tous pays) est de 24 schellings. Les abonnés actuels, portés sur nos listes et dont l'abonnement est payé d'avance continueront à recevoir la publication aux anciennes conditions, jusqu'à expiration de leur abonnement.

Les abonnements annuels doivent être adressés à " Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, London, S.W.1, Angleterre, et les publications seront adressées par la poste, régulièrement chaque mois, pour la durée de l'abonnement.

Une Usine a Ciment Moderne au Japon.

La découverte de grandes quantités de marne, de pierres calcaires, de craie, dans la baie de Nanao, sur la côte ouest du Japon, à environ 300 kilomètres de Tokio, amena la construction en cet endroit, d'une nouvelle usine à ciment, pendant les années 1927-1929 avec une production annuelle de 150000 tonnes.

L'installation fut faite par Messrs. G. Polysius Aktiengesellschaft, de Dessau; elle est moderne, sous tous rapports, avec une voie de garage s'étendant sur environ 400 mètres le long de la baie de Nanao. La nature de la matière première et les conditions de sa production conduisirent à l'adoption du procédé à pâte épaisse: la Compagnie du Ciment de Nanao fut, en fait, la première firme japonaise qui employa une installation originale utilisant le procédé par voie humide.

La masse de matière brute—marne d'excellente qualité—est concassés près des carrières et envoyée sur wagons à l'usine. Un transporteur à godets la déverse dans des concasseurs qui la dégrossissent un peu plus et de là elle est conduite aux silos surmontant les broyeurs à matière brute, par un convoyeur à bande d'aciers et par des élévateurs.

L'argile vient de la côte opposée de la baie de Nanao; elle est amenée dans des chalands tirés par un remorqueur à vapeur, déchargée par une grue et déversée ensuite par une grue tournante avec mat de décharge dans une trémie qui la répartit dans deux moulins laveurs. Le limon résultant de l'addition de l'eau se déverse du moulin laveur, par un puisard, dans un double compresseur qui le refoule à l'air comprimé dans des réservoirs au dessus des moulins à matière brute.

La matière calcaire utilisée pour la correction est envoyée à l'usine d'une carrière située à plus de 10 kilomètres, par un funiculaire; elle est dégrossie par un broyeur spécial, puis amenée par des élévateurs jusqu'aux silos situés au dessus des moulins à matière brute.

La marne, le calcaire et le limon d'argile sont déversés dans deux moulins " Solo " à trois compartiments qui ont environ 2 m, 20 de diamètre et 12 m, 80 de longueur; on y ajoute de l'eau dans les proportions voulues et les matières sont réduites en pâte. On pompe alors cette pâte avec deux compresseurs à double effet et l'envoie dans huit réservoirs en acier où elle est malaxée par un appareil mélangeur pneumatique, automatique, et dont l'arrivée d'air est contrôlée par une soupape " Regulex." La pâte finie, poussée sous pression par deux compresseurs à double effet, passe dans des silos et de là dans les fours.

L'installation comporte deux fours " Solo " d'environ 70 mètres de long; la matière est séchée, cuite, clinkérisée et refroidie en une opération continue. A la différence des fours à refroidisseurs séparés situés au dessous, le four " Solo " est monté au niveau du sol de sorte qu'il n'y a pas de marches ou de plateformes qui interviennent dans la surveillance de la cuisson.

La commande élastique " Pol " et le dispositif de graissage auto-

alimentateur et à refroidissement par eau assurent de la part des rouleaux un travail régulier et satisfaisant. La zone de refroidissement est munie de refroidisseurs, qui servent à la fois à refroidir le clinker et à réchauffer l'air de combustion sans empêcher l'observation de la marche de la cuisson. Des grilles à air règlent le passage de l'air nécessaire à la combustion, et des bagues d'étanchéité empêchent qu'il se produise un courant d'air trop grand entre la chambre à fumées et le four.

Le charbon nécessaire pour chauffer le four est séché dans deux tambours sécheurs à charbon et broyé par deux broyeurs " Solo " à trois compartiments. Des pompes à air comprimé l'envoient dans les silos du four : un engrenage d'extraction à double vis sans fin l'envoie dans les tuyaux du brûleur et des ventilateurs le soufflent sous une pression élevée dans les fours. A cause du pourcentage élevé de matière volatile dans le charbon, il fallut réaliser un dispositif spécial pour les tuyaux du brûleur.

Des transporteurs à secousses et des élévateurs font passer le clinker dans le magasin de dépôt du clinker ; deux transporteurs à bande d'acier, situés sous le magasin, peuvent en enlever en différents points. Des élévateurs transportent le clinker jusqu'à des bascules automatiques puis jusqu'à des silos situés au dessus des moulins à ciment. L'écoulement du clinker et du gypse dans les fours est commandé par des alimentateurs à sole tournante. Les deux moulins sont du type " Solo " à trois compartiments et ont la même grandeur que les moulins à matière brute, soit environ 2 m 20 de diamètre et 12 m 80 de longueur ; ils broient le clinker et le gypse jusqu'à en faire un ciment tout à fait fin. Le ciment fini est envoyé sous pression, par des pompes pneumatiques, au dépôt de ciment qui se compose de six silos cylindriques de 10 m à 20 m de diamètre environ.

L'ensachage et l'expédition du ciment sont effectués par des machines automatiques pour la mise en sacs et en barils et par un engin de chargement convenable.

Un système collecteur de poussière assure à l'installation de mouture une marche pratiquement sans poussière, de sorte qu'on évite les pertes de matière et les anicroches dans la marche, imputables aux poussières. Un laboratoire très bien monté, avec des fours rotatifs expérimentés permet un contrôle constant du procédé de fabrication. Des ateliers de réparation, une fabrique de barils, l'installation de compression et de transformation complètent l'usine. Lors de la construction de l'usine, on envisagea la possibilité d'extensions futures et les constructions ont été établies de sorte que le montage d'un broyeur à matière brute ou d'un broyeur à ciment supplémentaire puisse être effectué sans avoir à exécuter d'autres constructions.

L'idée maîtresse qui dirigea l'établissement de la machinerie fut de commander plusieurs phases du travail par une seule grande machine pour rendre pratiquement automatique toute la suite des opérations de fabrication à l'aide d'une installation de transporteurs mécaniques ou pneumatiques. C'est ce qui explique qu'il n'y ait besoin que de 25 hommes par équipe seulement, pour faire marcher les machines.

Fig. 1 (voir page 36) Bénédiction des fours rotatifs, au début du montage; Fig. 2 (voir page 37) Vue générale des usines, côté Littoral; Fig. 3 (voir page 38) Moteurs de commande pour broyeurs de la matière première et broyeurs de ciment; Fig. 4 (voir page 38) Monte-jus pour la manutention pneumatique du limon; Fig. 5 (voir page 39) Distributeurs " Regulex " pour malaxage automatique du limon, à air comprimé; Fig. 6 (voir page 39) Fours " Solo " avec chauffage au charbon pulvérisé; Fig. 7 (voir page 40) Broyeurs " Solo " pour ciment, brevets allemands et étrangers; Fig. 8 (voir page 40) Filtre tubulaire pour le dépoussièrage des broyeurs de ciment.

Le four rotatif dans la fabrication du ciment.

Par W. Gilbert, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

On se propose dans cette série d'articles de traiter du four rotatif, principalement au point de vue du rendement et de l'économie de combustible et on essaiera d'élucider les lois qui régissent la transmission de la chaleur des gaz chauds aux matières brutes dans le four et des clinkers chauds au courant d'air dans le refroidisseur.

Pour obtenir le maximum de rendement avec la consommation minimum de combustible il faut prendre très soigneusement en considération un certain nombre de détails que nous allons, dans la mesure du possible, énumérer et discuter. Dans ce but et comme cadre de cet article, nous allons considérer un four rotatif à procédé par voie humide de 61 m. de longueur, dimension souvent employée dans ces dernières années, bien que, comme chacun le sait, on utilise actuellement des fours beaucoup plus longs. La fig. 1 représente une élévation type. On peut se rendre compte des caractéristiques principales en consultant le tableau de référence (voir page 41) ; les références à ce diagramme sont les suivantes: A, four rotatif; B, zone de clinkérisation élargie; C, refroidisseur rotatif; D, coiffe du four; E, tuyau de combustion du charbon; F, déversoir des clinkers, en brique; G, sole du four; H, réservoir d'alimentation en matières premières; J, conduite d'alimentation des matières premières au four; K, transporteur à courroie pour clinker refroidi; L, conduites pour les fumées du four; M, soupape de régulation; N, cheminée de 45 m. 75 de hauteur). Dans la description qui suit, les chiffres qui sont donnés peuvent être considérés comme représentant les caractéristiques du type de la bonne pratique courante.

Le four a généralement 2 m. 60 de diamètre compté à l'intérieur des plaques enveloppes; la zone de clinkérisation a 3 m. 05 de diamètre et 11 m. 90 de long. Le refroidisseur a 4 m. 85 de diamètre et 20 m. 15 de longueur. Le four est incliné à 1 en 24: il est porté par quatre bandes de roulement et fait approximativement 0,85 tours/minute. Dans le four à procédé par voie humide, la matière brute entre sous forme de pâte par la conduite marquée J et descend lentement dans le four, prenant environ 2 h 30 mn pour aller d'un bout

à l'autre. L'humidité disparaît, le CO^2 est entraîné et la matière restante clinkérisée; la température maximum atteinte dans la zone de clinkérisation est d'environ 1370° cent. La matière peut occuper dans le four environ 7½% du volume total compté à l'intérieur du revêtement. La matière sortant du four à la température de 1200°, traverse le refroidisseur et est déversée sur le transporteur à courroie à la température de 93° cent., ou au dessous. Le refroidisseur tourne à 5 t/m.

Le four est alimenté par du charbon bitumineux pulvérisé qui entre à la partie inférieure par le tuyau de combustion E. L'air fourni pour la combustion du charbon n'est pas en général de plus de 5 à 10% en excès sur la quantité nécessaire à la combustion complète calculée d'après l'analyse du charbon.

De toute la quantité d'air fournie, environ 20% peuvent servir à l'injection du charbon dans le four; le reste est aspiré au travers du refroidisseur où il refroidit le clinker et est en retour réchauffé; il entre ainsi dans le four à une température d'environ 425° centigrade.

A bien considérer les quantités d'air et de charbon fournies on peut dire que le four, avec zone de clinkérisation élargie aura un rendement de 8 tonnes par heure. En se servant d'un charbon sec d'une puissance calorifique de 12600 B.T.U. par livre la consommation de combustible peut être de 27% de la quantité de clinker produite, d'où:

$$\text{Charbon par heure, en tonnes: } \frac{27 \times 8}{100} = 2{,}16 \text{ tonnes}$$

$$\text{et charbon par minute en Kgs: } \frac{2{,}16 \times 1.000}{60} = 36 \text{ Kgs}$$

L'air nécessaire à la combustion, y compris les 10% en excès sera de 10 Kgs par kg de charbon (environ), d'où

Air par minute = 360 Kgs.

Comme nous l'avons dit précédemment, cette quantité se répartit comme suit:

Pour l'injection du charbon pulvérisé (environ 20%) ...	72 Kgs.
Remontant le refroidisseur	288 Kgs.
Total	360 Kgs. par minute.

Dans un four pourvu d'un nombre modéré d'élévateurs de pâte, la température des gaz brulés sera d'environ 400° cent. Jusqu'à une date relativement récente on n'admettait pas que la température des gaz d'échappement d'un four à procédé par voie humide pouvait atteindre cette valeur; l'attention ayant été appelée sur ce sujet on s'efforça de la réduire, et nous verrons plus tard avec quel succès.

Bilan Thermique Type.—On peut se rendre compte de la manière dont la chaleur dégagée par le charbon est utilisée ou perdue, à l'aide du Bilan Thermique que nous donnons ci-dessous sous une forme condensée:

		En % du clinker.
(1)	Chaleur nécessaire à l'évaporation de l'humidité de la bouillie (40%) à 100° cent.	8,86
(2)	Chaleur nécessaire à la décomposition du Ca CO^3 à 900° cent.	7,10
(3)	Perte par irradiation du four et du refroidisseur	3,76
(4)	Perte de chaleur des clinkers à la sortie du refroidisseur	0,24
(5)	Chaleur entrainée par les gaz d'échappement (à 400° cent.) comprenant les produits de la combustion, la vapeur provenant de la bouillie et le CO^2 de la matière première	8,00
	Total	27,96
	A déduire pour la réaction exothermique pendant la clinkérisation	1,50
	Consommation moyenne du charbon dans le four, %	26,46

Les différents facteurs qui constituent le bilan thermique seront étudiés en détail dans un prochain article.

On s'est servi comme charbon type, de charbon sec de 7000 calories ou 12600 B.T.U. par livre et les quantités de chaleur sont exprimées commodément, dans le but d'essais de fours rotatifs, en charbon standard compté en pourcentage de la production de clinker.

Ainsi, dans l'article 5 du bilan thermique, la perte par les gaz est de 8 tonnes de charbon standard pour une production de 100 t de clinker. On exprimera en général ce résultat en disant que la perte par les gaz d'échappement est de 8% du clinker. Si le four produit 8 tonnes de clinker à l'heure, cette perte est de :

$$8 \times 2240 \times \frac{8}{100} \times 12600 = 18063360 \text{ B.T.U. à l'heure}$$

La perte par les gaz et les pertes semblables sont comptées à partir d'une température de 15,5° cent. et le pouvoir calorifique du charbon est mesuré à partir de la même température. On obtient la consommation en charbon standard de n'importe quel four à partir de la consommation de charbon mesurée par des corrections convenables sur l'humidité et le pouvoir calorifique du charbon employé dans chaque cas particulier.

On peut considérer les chiffres cités comme traduisant l'activité du four rotatif type de 61 m. de long en bon ordre de marche et contenant environ 37 m^3 d'élévateurs de bouillie. L'auteur a pris ces chiffres d'après les résultats d'expériences soigneusment conduites s'étendant sur une période de plusieurs semaines.

Détails du Four.—Nous allons dans ce qui suit nous occuper plus particulièrement de quelques-uns des plus importantes détails qui intéressent la bonne activité du four.

Alimentation en Pâte.—Il serait souhaitable d'avoir un appareil sur lequel on pourrait se fier pour alimenter le four en pâte de façon uniforme. Quand le four est en plein rendement, un excès de pâte dû à une alimentation irrégulière, arrivant dans la zone de clinkérisation ne peut pas toujours être

clinkérisée de façon satisfaisante. Il peut même arriver parfois qu'on soit obligé d'arrêter le four et de gaspiller ainsi beaucoup de charbon.

Nous allons décrire ci-dessous 2 types bien connus d'alimentateur.

(1) **Orifice réglable à tête constante.**—Cet appareil est représenté par la fig. 2 (voir page 44), les explications de ce dessin sont les suivantes. (A) Réservoir d'alimentation à pâte. (B) Filtre métallique. (C) Conduite d'alimentation de la pâte venant des pompes. (D) Tuyau de trop plein aboutissant aux mélangeurs. (E) Orifice d'évacuation et tiroir. (F) Levier de commande et secteur gradué. (G) Branchement d'évacuation. (H) Récipient de mesure à pâte. (I) Bouchon de bois et poignée. (J) Récipient de trop plein. (K) Conduite alimentant le four. Les lettres de référence et le tableau correspondant montrent clairement la disposition générale.

La hauteur de pâte est maintenue à 76 cms. environ. L'alimentation est réglée par le levier de manœuvre G qui se déplace le long d'un quadrant gradué en découvrant plus ou moins un orifice allongé ménagé dans une plaque de cuivre glissante.

Dans son trajet vers le four, la pâte passe dans le récipient de mesure H; normalement le bouchon conique en bois n'est pas en place mais quand on a besoin de faire une mesure du degré d'alimentation, on met rapidement le bouchon en place et on mesure avec un chronométre le temps que met la pâte à remplir le vase jusqu'an niveau du trop-plein. Pour que le calcul soit complet, il faut connaître la capacité du récipient de mesure de la pâte en fonction du clinker équivalent. En tant que contrôle du rendement du four, la mesure est seulement approximative.

L'auteur de ces lignes a souvent expérimenté ce type d'appareil et trouva généralement que le taux d'alimentation, avec une ouverture d'orifice bien définie, quoique souvent uniforme, pouvait varier de 5 à 8% dans une période de 24 heures. Il arriva même qu'il fut témoin de plus grandes variations, mais il faudrait une série d'expériences s'étendant sur une très grande période pour avoir une explication convenable de ce résultat.

Puisque le manque d'uniformité dans l'alimentation en pâte réduit le rendement du four, les directions d'installations où ce type d'appareil est en service pourraient utilement entreprendre une série de travaux de recherche. Pour régler le taux d'alimentation le brûleur du four doit aller de la plateforme du brûleur jusqu'au réservoir d'alimentation en pâte, mais ceci n'est pas un gros inconvénient car les ajustements ne devraient pas souvent être nécessaires et ne sont pas à désirer. Si le four doit être arrêté, pour une cause quelconque, comme par exemple pour une mesure temporaire, le branchement G peut être détourné à l'aide d'un fil métallique commandé de la plateforme du brûleur, et la pâte d'alimentation retourne alors aux mélangeurs par la conduite de trop plein.

Les avantages de ce type d'alimentateur à pâte sont: (*a*) son bon marché relatif et (*b*) sa manœuvre qui ne nécessite pas de puissance.

(2) **Alimentateur rotatif.**—L'alimentateur représenté sur la fig. 3 (voir page 46) mesure un volume bien défini de pâte, par rotation, de sorte que sa précision essentielle n'est pas influencée par une variation normale de la fluidité de la pâte. (Les explications de la fig. 3 sont les suivantes; (A) réser-

voir d'alimentation en pâte à deux compartiments; (B) conduite d'arrivée de la pâte; (C) orifice de trop plein; (D) augets à pâte; (E) tambour central conduisant à l'autre compartiment du réservoir; (F) niveau normal de la pâte; (G) bord de l'orifice de trop plein; (H) renvoi de la pâte aux mélangeurs; (I) conduite d'écoulement de la pâte vers le four.

Les lettres de référence et le tableau expliquent clairement les dispositions générales. On pompe dans un des compartiments du réservoir d'alimentation de la pâte en excès sur les besoins du four: le surplus s'échappe par un orifice (C) situé à une extrémité. Le niveau de la pâte dans le réservoir est en gros celui de la base (G) de l'orifice (C). Chaque auget déverse un volume de pâte bien défini dans un compartiment du tambour central (E). À une extrémité de ce compartiment, elle passe dans un second compartiment du réservoir, et de là au four par la conduite d'écoulement (I). La roue à augets est entrainée généralement par un moteur à engrenage, tournant à 15 tours/minute.

La commande de la vitesse (et par conséquent du degré d'alimentation en pâte) par un contrôleur à vitesse variable, commandé de la plateforme du bruleur, n'est pas absolument satisfaisante, et avec le courant alternatif, il y a quelque difficulté à obtenir un champ suffisant de variation de vitesse, bien qu'il n'y ait besoin que d'une faible alimentation quand on remet le four en marche après un arrêt prolongé.

Une méthode alternative consiste à faire varier verticalement le bord inférieur (G) de l'orifice de trop plein au moyen d'une plaque glissante, commandée par une vis. En abaissant le niveau de la pâte dans le réservoir d'alimentation on peut obtenir un faible taux d'alimentation pour la mise en route, avec la vitesse habituelle du moteur entraîneur. Il n'y a besoin sur la plateforme du bruleur que d'un commutateur pour mettre en marche ou arrêter le moteur.

On n'a pas l'habitude en pratique d'avoir toujours une méthode pour obtenir rapidement, à n'importe quel moment, le volume de pâte déversé par la rotation de l'alimentateur rotatif de sorte que l'uniformité de l'alimentation dans les conditions variable d'humidité et de fluidité de la pâte est généralement supposée et probablement à bon droit.

Alimentation en Charbon.—Nous admettons que le charbon a été séché à 1% d'humidité, broyé jusqu'à admettre un résidu de 10% au tamis de 4900 et emmagasiné dans une trémie suspendue au-dessus de la plateforme du bruleur. La fig. 4 montre une bonne disposition de l'alimentation en charbon (voir page 47). Les explications de la fig. 4 sont les suivantes: (A) trémie à charbon pulvérisé; (B) porte coulissante; (C) vis d'alimentation en charbon, deux; (D) enveloppe circulaire pour chaque vis; (E) trompe de Venturi pour l'alimentation en charbon; (F) tuyau de combustion du charbon, allant au four). L'ouverture au fonds de la trémie ne doit pas avoir moins de 0m,60 à 0m,45; on emploie deux vis: elles peuvent extraire jusqu'à 70% du volume déterminé par leur diamètre et leur pas. En dehors de la trémie, le pas est augmenté. Les vis sont en général mues par un mécanisme à vitesse variable qui permet d'ajuster parfaitement le nombre de tours par minute dans des limites de 2 à 1, ou similaires. On emploie souvent un changement de vitesse Reeves on un disque à frottement. Les vis déversent le charbon dans une trompe en forme d'entonnoir E sise dans le tuyau de combustion. Le partie où entre

le charbon est une zône où l'air est animé d'une grande vitesse, par conséquent zone de basse pression; donc par un dispositif convenable, on peut arriver à réaliser une légère succion sur les vis d'alimentation.

L'expérience a montré que le charbon a une tendance à se tasser, très serré, à la base de la trémie (A) et qu'il reste ainsi suspendu en partie, de sorte que, quelquefois, les vis d'alimentation ne fournissent pas le volume de charbon que l'on serait en droit d'attendre de leur diamètre et de leur pas. Ce déficit est encore augmenté si le charbon n'est pas convenablement séché. Quand ceci se produit, on le remarque par une baisse de température dans la zone de clinkérisation et sans cause apparente. De plus, si on laisse la trémie se vider en partie, il peut se former un creux en bas et dans le milieu; au bout de quelque temps, les parties qui sont à la périphérie tombent, et le charbon finement broyé a une tendance à couler comme de l'eau au-delà des vis d'alimentation et ainsi jusqu'au tuyau de combustion. L'excès de l'alimentation en charbon est indiqué par une émission de fumées noires au haut de la cheminée.

Sur le dessin représenté par la fig. 4 l'emploi de deux vis d'alimentation placées aussi près que possible de la base d'une ouverture relativement large, diminue beaucoup la tendance du charbon à rester suspendu; on y a ménagé des trous de ringard. L'afflux du charbon est empêché en partie, par la réduction au minimum de l'espace entre la vis et l'enveloppe (D). Cette dernière devrait être percée de trous. Même dans ce cas le ruissellement du charbon ne peut pas toujours être empêché, on trouve alors qu'il est désirable et généralement efficace, d'avoir une trémie toujours pleine ou presque pleine.

On a employé d'autres dispositifs très variés pour empêcher le ruissellement du charbon, mais l'auteur a trouvé que la disposition relativement simple montrée sur la fig. 4 était tout à fait satisfaisante à condition de faire attention aux points indiqués précédemment.

Bec du tuyau de combustion.—Le charbon peut arriver dans le four par un bec de 18 cm. de diamètre, la vitesse de l'air étant d'environ 46 m. à la seconde et la température de 66° cent. On a juste besoin d'un simple bec circulaire bien qu'on ait essayé d'autres formes variées. Si ces conditions sont remplies la zone de clinkérisation se forme le long du four dans une position convenable. Si le charbon est sec et finement pulvérisé et qu'on emploie pour l'injection de l'air chaud, il se peut que l'ignition se produise un peu trop tôt. Dans ce cas la position de la zone de clinkérization n'est pas suffisamment éloignée de l'extrémité de sortie du four, pour permettre au bruleur de s'occuper du clinker relativement peu cuit.

Controle de la Cuisson.—Le chauffeur se tient à la partie basse du four et surveille l'opération de clinkérisation par un orifice ménagé dans l'enveloppe du four; il utilise un carré de verre teinté. Son rôle principal est de veiller à ce que la matière, à l'endroit où commence ordinairement la clinkérisation, c'est-à-dire à environ 6 mètres de l'extrémité du four, ait atteint la bonne température; il s'en rend compte à la couleur. Il faut que le chauffeur puisse voir la matière dans une zône de 4 m 50 à 6 m en deça de la zone de clinkérisation, et sur cette longueur, la couleur change à vue d'oeil, atteignant le blanc quand la clinkérisation devient complète.

Avec une alimentation en pâte uniforme adaptée à une vitesse convenable du four, on pourrait s'attendre à ce que la vitesse de rotation des vis d'alimentation en charbon reste sensiblement uniforme. Il peu arriver quelquefois dans le procédé par voie humide, que cette uniformité ait lieu pendant deux ou trois heures, ou même plus. L'équilibre peut être détruit par le charbon pulvérisé qui reste un peu suspendu dans la trémie d'alimentation ou bien par un anneau de clinker qui se brise et permet ainsi à un excès de matière de descendre le long du four. Si le chauffeur s'aperçoit que la matière qui s'approche de la zone de clinkérisation est à une température trop basse, il augmente ordinairement l'alimentation en charbon en même temps qu'il réduit la vitesse du four. La vitesse d'avancement de la matière vers la zone de clinkérisation (ordinairement, de l'ordre de 40 cms par minute pour un four de 61 mètres) se trouve alors ralentie et la température de la zone de clinkérisation monte légèrement : puis, au bout de quelques minutes, les conditions redeviennent généralement normales sans qu'aucune matière insuffisamment cuite ait quitté le four.

Cependant, dans un four travaillant à plein rendement, il n'est pas facile de donner à la matière près de la zone de clinkérisation, ou même dans cette zone, un gros supplément de chaleur à cause du manque de temps et de surface. La plus grande partie de la chaleur produite par la combustion du charbon supplémentaire est transmise à la matière, plus loin, en descendant le four. Si la quantité de charbon supplémentaire excède de 10% la quantité normale, il se peut qu'il n'y ait pas assez d'air pour la combustion totale ; des fumées noires apparaissent alors au haut de la cheminée.

Pour une perte ordinaire de chaleur dans la zone de clinkérisation il n'est pas nécessaire de réduire l'alimentation en pâte, puisque la matiére met environ 2 h 30 mn à parcourir le four ; donc une réduction temporaire de l'alimentation en pâte n'aurait aucune influence sur la situation dans la zone de clinkérisation avant que le four ait repris depuis longtemps sa température normale. Cependant, l'auteur a été témoin de grandes pertes dans la production du clinker occasionnées de cette façon.

Inclinaison et vitesse du four ; volume de la charge.—Pour un four à procédé par voie humide de 61 m. de long comme ceux que nous considérons actuellement, l'inclinaison est en général de 1 en 24 et la vitesse de 0,85 t/m.

La pratique montre que la charge dans le four, une fois sèche, prend la position indiquée sur la fig. 5, où A C B est incliné suivant la pente naturelle de la matière, et que le volume de la charge réprésenté par sa section transversale A C B D peut être environ 7,5% du volume du four compté à l'intérieur des garnitures. Ceci, pour une zone de clinkérisation de dimensions normales. En raison de la rotation du four, la matière constituant la charge circule dans le sens indiqué par les flèches.

Si l'on suppose par exemple que toute la matière, tout le long du four est sèche, et ne subit aucune modification chimique, il est évident que :

$$\frac{\text{Charge totale en tonnes}}{\text{alimentation par heure en tonnes}} = \text{Durée du passage de la matière dans le four en heures.}$$

Pour un four moderne à procédé par voie humide, il faut faire le calcul separément pour chaque zone, c'est-à-dire (*a*) évaporation, (*b*) élévation de la température, (*c*) décomposition de CO^3Ca et

(*d*) élévation de la température. Pour un four de 61 m. de long avec un volume de charge de 7,5%, le temps nécessaire se chiffre à 2 h 30 mn.

Puisque l'expérience a montré que le rendement d'une série de fours rotatifs de dimensions variables dans une large échelle était sensiblement proportionnel au volume compté à l'intérieur des garnitures, et si nous admettons que le rapport de la charge au volume soit le même dans tous les cas (7,5% par exemple) il s'en suit que la matière traverse tous les fours, courts ou longs, dans le même espace de temps, soit 2 h 30 mn. Nous nous proposons de vérifier cette proposition par l'expérience et de revenir sur ce sujet dans un prochain article.

Une légère augmentation de la vitesse réduirait la durée du séjour de la matière dans le four et par conséquent le volume de la charge. De même une légère diminution de l'inclinaison augmenterait la durée du séjour de la matière dans le four et augmenterait le volume de la charge. Il est donc évident qu'il existe respectivement une série de valeurs pour l'inclinaision du four et sa vitesse qui retiennent un volume de charge de 7,5%.

Beaucoup de fours anciens de 46 à 61 m. de long étaient entrainés sur leur ligne d'axe par deux séries de poulies fixes et folles qui lui imprimaient une grande vitesse de 1 tour/minute et une petite vitesse de 0,5 tour/minute. Plus tard, la plupart des fours furent entrainés par une ceinture, attaquée par un moteur tournant lentement et dont la vitesse pouvait varier de 1 à 2 environ.

Methode de Transmission de la Chaleur.—La surface (ACB) de la charge reçoit directement par convexion la chaleur des gaz chauds; elle reçoit aussi la chaleur par irradiation de la partie (AEB) de la circonférence du four. La surface (ADB) de la charge reçoit la chaleur par convexion par irradiation et par conduction. Nous nous proposons dans un prochain article de nous occuper de la valeur des échanges de chaleur dans les fours actuels.

Connexion Entre le Four et le Refroidisseur.—Au cours des perfectionnements du four rotatif, il est probable que de toutes les autres parties de l'appareil, ce fut le dispositif par lequel le clinker chaud rouge (ou blanc) est conduit du four au refroidisseur, qui offrit le plus de difficulté. La fig. 6 (voir page 50) montre un ancien dispositif qui fut, pendant un certain temps généralement employé. Les explications qui s'y rattachent sont les suivantes: (A) four rotatif; (B) coiffe du four; (C) refroidisseur; (D) trémie de déversement du clinker, en tôle; (E) coiffe du refroidisseur; (F) tuyau d'aspiration de l'air venant du ventilateur pour la combustion du charbon; (G) bagues d'étanchéité de la coiffe du four; (H) bagues d'étanchéité de la coiffe du refroidisseur; (I) porte de déchargement de ce qui s'est déversé. La trémie (D) devrait servir à la fois à conduire le clinker chaud du four au refroidisseur et l'air réchauffé du refroidisseur au four.

À ce moment, on ne comprenait pas bien, en général, les lois régissant l'écoulement de l'air. Dans la coiffe du four, le courant d'air dû à la cheminée du four, était juste suffisant pour entraîner à travers la trémie, une quantité d'air relativement faible. En conséquence, celle-ci devenait rouge et bientôt se brûlait. On fournit alors au fours de l'air additionnel en accouplant le tuyau d'aspiration venant du ventilateur pour la combustion du charbon, à la coiffe du refroidisseur E, mais cet arrangement fut rendu bien plus mauvais

qu'il n'avait besoin de l'être à cause de la nature grossière des bagues détanchéité des coiffes du four et du refroidisseur. La bague du four consistait en une plaque annulaire d'une section d'environ 150 mm sur 9 mm 5. Elle était ajustée autour de l'extrémité du four et boulonnée sur la face de la coiffe. La plaque était divisée en quatre quadrants dont chacun pouvait être ajusté séparément à la circonférence du four puisque les trous de boulons étaient percés. Quand le four était neuf et rigoureusement circulaire à l'endroit de la bague et si l'extrémité du four roulait franchement sur les rouleaux supports, l'étanchéité était satisfaisante. Cependant, à cause de la chaleur, l'extrémité du four se déformait bientôt et les quadrants de la bague d'assemblage se trouvaient repoussés, laissant de grandes fentes; le résultat était que l'air froid entrait dans la coiffe du four par ces fissures plus facilement que l'air chaud ne pouvait monter par la trémie de déversement du clinker.

Dans la coiffe du refroidisseur (E) les conditions étaient presque les mêmes. Le tuyau (F) établissait un courant d'air dans la coiffe du refroidisseur et l'air froid entrait dans la coiffe par les fentes laissées par la bague d'étanchéité plus facilement qu'il ne pouvait arriver à travers le refroidisseur, ceci, surtout parce que l'orifice à l'extrémité du refroidisseur était obstrué sur une grande portion, par la partie inférieure de la trémie de déversement du clinker. Le résultat final était qu'une très petite partie de l'air nécessaire à la combustion venait du refroidisseur et que la chaleur du clinker à la sortie du four était gaspillée à rougir l'enveloppe du refroidisseur et à brûler les cannelures en cascade aménagées à l'intérieur du refroidisseur. Le clinker quittait aussi le refroidisseur à une température relativement élevée.

L'emploi de cheminées plus hautes et par conséquent la production de courants d'air plus importants dans la coiffe du four, n'améliora pas les choses, tant que les fuites des bagues d'étanchéité ne furent pas éliminées. L'auteur fit des expériences sur deux ou trois anciens fours dans lesquels 75% de l'air nécessaire à la combustion étaient fournis, soit par le bec de combustion du charbon, soit par les entrées d'air froid par les fissures dans la coiffe du four. De telles entrées d'air réduisaient d'autant l'air réchauffé qui pouvait être admis à travers le refroidisseur, et la proportion de chaleur récupérée du clinker chaud était diminuée d'autant.

Chaleur du Clinker a la Sortie du Four.—Si la quantité de chaleur incorporée au clinker à la sortie du four est entièrement perdue, on peut calculer l'augmentation de consommation qui en résulte, de la manière suivante:

La chaleur récupérable dans une tonne de clinker, calculée pour une différence de température de 1200 degrés centigrades à 94° centigrades avec une chaleur spécifique de 0,24 est:

$$\frac{1106 \times 0{,}24 \times 1017}{7000} = 38{,}7 \text{ Kgs de charbon standard.}$$

Exprimée en relation avec la quantité de clinker produit, cette quantité devient

$$\frac{38{,}7 \times 100}{1017} = 3{,}81\%.$$

Cependant, ce n'est pas tout, puisqu'on doit bruler du charbon supplémentaire dans le four pour remplacer la perte de chaleur par le clinker; de cette chaleur supplémentaire, environ 20% montent par la cheminée sous forme de gaz perdus, de sorte que l'augmentation de consommation du charbon due à l'incapacité du refroidisseur à récupérer la chaleur du clinker est de:

$$\frac{3,81}{0,80} = 4,76\% \text{ du clinker.}$$

Donc, sans refroidisseur, la consommation de charbon standard du four dont on a donné plus haut dans cet article le bilan thermique monterait de 26,45 à 31,21%.

Perfectionnements Modernes.—Ce fut un progrès considérable, lorsqu'on adapta aux coiffes du four et du refroidisseur des bagues d'étanchéité s'ajustant d'elles-mêmes et qu'on envoya au refroidisseur un courant d'air forcé. La partie supérieure du refroidisseur fut aussi garnie de briques réfractaires sur un tiers environ de sa longueur. En forçant le passage à travers le refroidisseur de la quantité convenable d'air nécessaire à la combustion dans le four (moins tout l'air froid entrant par le ventilateur à combustion du charbon) la perte par irradiation de l'enveloppe du refroidisseur fut considérablement réduite et le clinker suffisamment refroidi à sa sortie du refroidisseur. Les détériorations aux parties métalliques inférieures du refroidisseur et à la trémie de déversement du clinker furent aussi évitées. Des installations de fours vraiment efficaces ont été établies sur ces données.

Pendant ces queques dernières années, cependent, on prit l'habitude d'employer un déversoir à clinker, entièrement composé de briques réfractaires, il laisse un large passage à l'air entre le four et le refroidisseur et n'a besoin de réparations que très rarement. Ce dispositif est indiqué sur la fig. 7 (voir page 53) dont les explications sont les suivantes: (A) four rotatif; (B) coiffe du four; (C) refroidisseur; (D) déversoir à clinker en briques; (E) Barres de fer supportant la voûte en briques; (F) bague d'étanchéité de la coiffe du four; (G) bague d'étanchéité de la coiffe du refroidisseur; (H) passage pour le clinker répandu. Pour un four de 61m, la surface minimum de la section du déversoir en briques réfractaires doit être d'environ 2 m²,75.

La plaque d'acier de la bague d'étanchéité de la coiffe du four a un diamètre intérieur plus grand que le diamètre extérieur du four de 5 cms environ et elle se déplace librement entre deux cornières courbées en anneau qui sont rivées sur l'enveloppe du four. La circonférence extérieure de la bague d'étanchéité s'adapte facilement à une cornière courbée en anneau qui est rivée sur la coiffe du four. Il est évident que l'extrémité du four peut dévier très sensiblement de sa position ou de son axe longitudinal sans diminuer l'efficacité du dispositif.

Perte de Combustible Dans les Anciens Fours.—En Angleterre, les premiers fours rotatifs, en particulier ceux à procédé par voie humide avaient approximativement 30 mètres de longueur. Nous avons déjà vu qu'à cause des fuites excessives de la bague d'étanchéité et de la section réduite offerte au passage de l'air entre le four et le refroidisseur, la chaleur du clinker à la sortie du four était perdue pour la plus grande partie. L'air froid qui entrant par les jours était aussi la source d'une perte de chaleur ultérieure. À cause de l'emploi de hautes

cheminées en brique, et du courant d'air qui en résultait et qui se faisait sentir dans la coiffe du four, les fissures autour de la bague d'étanchéité provoquaient dans beaucoup de cas un excès de 40 à 50% d'air sur la quantité nécessaire à la combustion. L'excès d'air augmentait à la fois la quantité et la température des gaz perdus et ainsi la perte par les gaz d'échappement. Donc, pour les causes indiquées ci-dessus et pour d'autres auquelles nous nous rapportons ci-dessous, la consommation de charbon standard des anciens fours à procédé par voie humide variait généralement entre 34 et 38%. Depuis cette période, la principale réduction dans la consommation de charbon dans des fours dont la longueur variait de 30 à 76 mètres, ne fut pas dûe à un accroissement de la longueur, mais à d'autres causes dont les plus importantes sont résumées ci-dessous :

(*a*) Meilleure récupération de la chaleur du clinker à la sortie du four.

(*b*) Réduction à 5% environ de l'excès d'air utilisé pour la combustion.

(*c*) Les détails mécaniques du four et du refroidisseur et de l'installation auxiliaires ont été progressivement améliorés, ce qui rend actuellement plus facile le marche continue du four et nécessite moins de charbon pour chauffer et réchauffer le four.

(*d*) Les fours plus longs, qui sont proportionnellement plus larges de diamètre, ont l'avantage que les anneaux de clinker risquent moins d'y persister. Dans les fours de petit diamètre et avec des matières ayant une faible teneur relative en silice, les anneaux de clinker causent de fréquents arrêts, qui ont pour effet d'accroître la consommation du charbon et de diminuer le rendement en clinker.

(À suivre).

NOTE DE L'EDITEUR.

L'editeur du " Cement and Cement Manufacture " international invite les lecteurs de ce journal à lui soumettre des articles en vue de leur publication. Les manuscrits peuvent lui être adressés en Anglais, Français, Allemand ou Espagnol ; ils seront traduits dans les trois autres langues par des traducteurs spécialistes.

Ces articles auront trait à toutes les nouvelles idées ou développements sur la fabrication, la chimie ou l'essai des ciments, ou à tous les sujets d'un intérêt général pour l'industrie du ciment. On demande aussi des descriptions et des illustrations de nouvelles usines à ciment dans toutes les parties du monde. Chaque contribution au journal donne lieu à une large rétribution.

Les constructeurs de matériel d'usine pour la fabrication du ciment sont également invités à nous soumettre toutes les informations et illustrations se rapportant au nouveau matériel qu'ils auraient construit et à son installation.

Ces articles devront être adressés à : The Editor, " Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, Angleterre, sous pli recommandé.

Les nouvelles usines de G. & T. Earle, Ltd., à Hope, Angleterre.

La fabrication du ciment Portland vient d'être récemment entreprise dans la nouvelle fabrique de G. & T. Earle, Ltd., fabricants en ciment de Hull, Angleterre. L'emplacement a été choisi à Hope, Derbyshire. Il est intéressant de donner ici une notice sommaire sur l'application qu'on y fait des directives inspirées par la pratique courante, et sur les essais qu'on y entreprend concernant l'application des idées nouvelles qui se font jour en Grand-Bretagne.

Pour la première fois, un concasseur giratoire est employé pour la pulvérisation dans une usine à ciment. Les gaz sortants du fours sont conduits directement à travers des ventilateurs aspirateurs de poussière. Dans ces usines trois monte-charges seulement ont été installés. L'un deux élève le charbon des wagons dans les trémies d'emmagasinage, le second sert pour l'emmagasinage du charbon pulvérisé et le troisième sert à restituer au four les poussières aspirées par les ventilateurs. Les procédés de broyage, de pulvérisation, d'alimentation du four en matières premières et de préparation du calcaire se font tous sans l'aide d'élévateurs à godets. Il n'existe pas de tramway en relation avec le lieu d'extraction et de lavage de l'argile. Celui-ci est extrait au moyen d'une pelle mécanique qui le déverse dans un delayeur d'où il est pompé pour être emmagasiné.

L'usine est instalée en vue d'une production de ciment de 3200 tonnes par semaine; elle est arrangée de plus en vue d'une plus grande production future. En visitant l'endroit où elle est située, l'attention se porte immédiatement sur la nature montagneuse du terrain et l'on peut concevoir que l'installation des carrières et du matériel a été déterminée pour une grande part par les contours du terrain. La surface de la carrière est située à l'altitude de 267 m. d'aprés la carte d'État-Major; les usines elle-mêmes finissent avec le moulin pour l'argile à l'altitude de 174 m.; il y a ainsi une différence de 93 m. entre les niveaux extrêmes.

La Carrière.—La carrière possède de la pierre à chaux de haute qualité, pratiquement dépourvue d'humidité et contenant 97% de carbonate de calcium. Une surface ayant une longueur de 214 m. a été ouverte pendant la construction de l'usine en vue de travaux de destruction à la mine à entreprendre sur une grande échelle. Peu avant le commencement de la fabrication, le forage de cette surface était achevé. En une seule opération, on déplaça près de 30000 tonnes de pierre à chaux qui furent concassées en blocs pouvant être soulevés par une grue électrique. Les trous, exécutés avec de bons perforateurs fabriqués par la compagnie elle-même avaient 0 m. 15 de diamètre sur 10 m. 70 de profondeur; on les faisait exploser tous simultanément.

Les blocs de calcaire sont soulevés par une grue électrique ayant une benne de 2,5 m^3 de capacité et se déplaçant sur chenilles. La rotation du bras est obtenue à l'aide d'un mécanisme inclus actionné par un moteur particulier. En fait, chaque mouvement est produit par un moteur séparé. Un moteur de 110 H.P. sert à la montée tandis que la rotation et la préhension sont commandées chacune par un moteur de 40 H.P. Chacun de ces trois mouvement est contrôlé par un

inverseur distinct sur panneau fixe avec enclanchement mécanique et électrique et relais de surcharge. Les appareils d'embrayage fonctionnent à l'air comprimé demandant ainsi un minimum d'effort de la part de l'opérateur. Les moteurs sont ainsi protégés complétement par le contrôle dont ils sont pourvus. Ils peuvent donc fonctionner pendant un temps considérable sans subir la moindre avarie.

Les deux locomotives électriques sur rails employées pour le transport du calcaire depuis la surface de la carrière jusqu'aux broyeurs sont actionnées chacune par deux moteurs de 27 H.P. Elles peuvent monter un chargement de 50 tonnes le long de la pente la plus raide de la carrière, qui est de 1/50 avec une vitesse de 16 kms à l'heure. Le courant continu est pris au moyen de deux sabots à un troisième rail situé au centre de la voie ferrés. Le courant triphasé de 400 volts est abaissé et transformé en courant continu de 250 volts avec retour à la terre. Ce courant sert à fournir l'énergie nécessaire à la locomotion de ces machines. On emploie pour le transport du calcaire jusqu'aux broyeurs des wagonnets en acier jaugeant normalement 5 m^3.

Dans le bâtiment destiné à abriter le broyeur, on a installé un concasseur à mâchoires le plus grand qui soit construit en Angleterre. Il a une ouverture de 1 m 80 × 1 m 20 et son poids atteint 133 tonnes. Il est capable de réduire des blocs de pierre pesant 5 tonnes jusqu'à la grosseur de 15 cm^3, le débit étant de 250 tonnes par heure environ. Ce concasseur est actionné par un moteur de 250 H.P. La pierre broyée tombe dans un concasseur secondaire du type conique giratoire. Ce dernier diffère de la généralité des broyeurs giratoires ordinaires en ce qu'il possède une vitesse beaucoup plus grande (environ 450 tours par minute) ; de plus, son cône est aplati vers la base. Dans le broyeur giratoire type, la grosseur maximum des pierres pouvant y passer est déterminée par la distance entre le cône et l'enveloppe extérieure à sa plus grande largeur. Dans cet appareil de fin broyage, toutefois, le cône aplati et la grande vitesse de rotation retardent la sortie de la matière broyée pour un temps correspondant au moins à un tour du broyeur. Il s'ensuit que la grosseur maximum des pierres à admettre est ainsi déterminée par la distance entre l'enveloppe et le côté fermé du cône et non plus entre l'enveloppe et le côté ouvert. Les secousses engendrées par l'opération du broyage sont amorties par près de quarante ressorts à spirale. La tension de ceux-ci et la grosseur du produit broyé peuvent être réglées pendant la marche de la machine. Ce concasseur pèse 50 tonnes environ et possède un débit de 225 tonnes par heure quand il est réglé pour réduire des blocs de 30 cm^3 à 1,25 cm^3. C'est le plus grand concasseur de son genre existant en Angleterre. Il y a une différence de niveau de 60 m. le long de la pente de la colline entre l'ouverture du concasseur à mâchoires et le sommet des silos à calcaire, ce qui oblige à prendre des dispositions en conséquence. Depuis la surface de la carrière jusqu'au concasseur à mâchoires la pierre subit une chute de 8 m. 50. Une courroie de transport ayant 106 m. de longueur et 1 m. de largeur la fait descendre dans de broyeur secondaire à cône. La descente finale sur la pente de la colline se fait sur un plan incliné sur lequel on a adapté des chaînes en vue de modérer l'allure des pierres qui roulent sur ce plan pour arriver sur une courroie de transport. Cette courroie amène la pierre dans le silo à calcaire. Ce silo est construit en béton armé et peut contenir 2000

tonnes de pierres. Le calcaire concassé est transporté de là directement vers les tables d'alimentation de deux tubes broyeurs associés ayant chacun 11 m de longueur sur 2 m. 15 de diamètre. Ils sont actionnés par des moteurs auto-synchrones de 650 H.P. avec interposition d'un réducteur de vitesse.

Les moulins à matière cru, ainsi que les broyeurs à sec mentionnés précédemment sont actionnés directement par le réducteur de vitesse au moyen d'un arbre d'embrayage fixé au moulin dans de prolongement de l'axe, ce qui dispense de l'emploi du pignon et de la roue dentée ordinairement employés pour les moulins tubulaires.

La matière cru sortant du moulin est envoyée sur un tamis à vibration entretenue. Un moteur sert à entretenir cette vibration. Le tamis élimine les matières grossières avant le passage de la pâte dans les pompes centrifuges pour son transport dans les silos de magasinage.

La pâte est emmagasinée, dans cinq réservoirs en béton armé, ayant chacun une capacité 4600 m^3. Ces réservoirs n'ont pas un dispositif d'agitation mécanique par engrenage, mais ils sont pourvus d'appareils de malaxage à air comprimé situés dans des conduites fixées dans le fond de chaque réservoir.

Le Matériel Argileux.—Dans le champ d'argile, un delayeur de 6 m. de diamètre, équipé avec un moteur de 104 H.P. lave l'argile à raison de 60 tonnes à l'heure; l'argile est refoulée ensuite jusqu'aux usines par des pompes à pistons plongeurs.

L'extraction de l'argile se fait au moyen d'une pelle mécanique ayant une benne de 2 m. 70 et possèdant un débit de 60 tonnes à l'heure avec une latitude de déplacement de 250 m. sur la voie ferrée. Un moteur de 150 H.P. actionne cette pelle mécanique qui fournit chaque jour, dans un même emplacement une quantité d'argile suffisante à la production de l'usine.

L'argile en pâte est pompée depuis delayeur jusqu'aux usines, situées à 700 m. de distance. Là elle est emmagasinée dans deux réservoirs à argile pouvant contenir chacun 620 tonnes de la pâte d'argile. A partir de ces réservoirs, la pâte passe grâce à son poids à travers une soupape flottante pour se rendre à un réservoir de mesure. De là deux godets roulants à vitesse variable la transportent en quantités jaugées jusqu'aux moulins. Il est intéressant de voir comment la pâte est maintenue à niveau constant dans le réservoir de jaugeage au moyen d'une soupape flottante. La partie flottante, au lieu d'agir directement sur la soupape est solidaire d'un engrenage et d'un petit moteur qui fait tourner les roues de la soupape en avant ou en arrière suivant la pression variable du réservoir à argile et les demandes en pâte des moulins.

Le Bâtiment Abritant le Four.—Deux fours rotatoires sont logés dans un bâtiment à part, qui abrite également les moulins à charbon. Les fours ont 73 m. de longueur sur 2 m. 50 de diamètre avec une zone de cuisson élargie de 14 m. de long sur 3 m. de diamètre. Ces fours ont chacun un débit moyen de 10 tonnes de clinker par heure. Les refroidisseurs sont construits suivant les derniers modèles. Ils comprennent douze refroidisseurs latéraux situés dans le prolongement du four et distribués autour de celui-ci. Ces refroidisseurs sont

pourvus de plusieurs chaînes suspendues qui, pendant la rotation du four plongent dans le clinker et absorbent une partie de sa chaleur. Cette chaleur est restituée ensuite à l'air froid admis dans le four lorsque le mouvement de celui-ci fait soulever les chaînes après leur immersion dans le clinker chaud.

Le clinker sortant du four tombe sur une courroie de transport fabriquée spécialement pour résister aux températures élevées. Le clinker est amené par ce moyen jusqu'à un petit trémie qu'on vide à intervalles rapprochés au moyen d'une crémaillère à godets suspendue qui stocke le clinker dans un bâtiment pouvant contenir 3400 tonnes au niveau du sol.

Le matériel destiné à broyer le charbon se trouve dans le bâtiment abritant le four derrière la plateforme de chauffage. Ce matériel est constitué par des moulins tubulaires. On les fait traverser par l'air chaud venant des refroidisseurs à clinker et par là on réalise en une seule fois les opérations du séchage et du broyage, évitant l'emploi d'un séchoir à charbon supplémentaire. Le charbon est repris à cet air chaud au moyen d'un cyclone qui le fait monter dans des trémies à charbon pulvérisé. Cette opération permet de fermer au besoin les moulins pour les réparer; elle permet aussi de faire fonctionner les broyeurs à plein rendement même quand la consommation du four se trouve être inférieure au débit des broyeurs.

Le charbon arrive à l'usine dans des wagons que l'on amène à un " tippler " d'où il est élevé jusqu'aux silos à charbon construits en béton armé à raison de 120 tonnes par heure. On emploie le même " tippler " pour décharger le gypse en masse; on adapte pour cela un convoyeur latéral.

Le Broyage.—Un vaste bâtiment est affecté au logement des moulins à matière cru et des moulins à clinker. Une cloison divise ce bâtiment en deux. D'un côté, on trouve les tableaux de distribution de haute et basse tension, avec le système réducteur de vitesse et les moteurs qui commandent à tous les moulins. Pour chaque moulin un arbre à faible vitesse rotatoire traverse le mur et se rend dans la chambre de broyage où il est adapté pour actionner le moulin. Dans cette chambre se trouvent également les pompes servant au transport de la pâte et du ciment fini.

Les Moulins à Ciment.—Ces moulins au nombre de deux, sont semblables aux broyeurs à matière cru ayant 11 m. de longueur sur 2 m. 15 de diamètre. Seulement ils sont commandés par des moteurs auto-synchrones de 750 H.P. fonctionnant sous 3000 V. Le ciment est transporté depuis les moulins à ciment jusqu'au magasin par un système pneumatique à travers une conduite de 100 m. de longueur sur 10 cm. de diamètre. La hauteur verticale à laquelle le ciment est élevé le long de cette conduite jusqu'au silo est de 22 m. 50. L'énergie nécessaire pour cette opération est fournie par quatre compresseurs ayant chacun une capacité de 15 m^3 sous une pression de 20 kgs.

Le ciment sortant des moulins va dans l'un ou l'autre des deux réservoirs aménagés avec une soupape flottante actionnée par le niveau du ciment dans le réservoir. L'ouverture de cette soupape admet de l'air dans le réservoir qui provoque la projection du ciment dans les silos. Pendant ce temps l'autre réservoir est rempli de la même manière.

Stockage du Ciment.—Il existe six silos en béton armé pouvant contenir chacun 1500 tonnes, chaque silo est divisé en compartiments pour emmagasiner des petites portions de ciment de qualités particulières. La mise en sacs est automatique, grâce à l'emploi de sacs à valvules. Ces sacs sont suspendus au conduit d'écoulement de la machine à peser, et lorsqu'ils sont remplis au poids voulu de ciment, ils se décrochent automatiquement de la machine et glissent le long d'un plan incliné pour être chargés sur voie ferrée ou sur camions. Au dessus de la machine à peser se trouve une trémie spéciale de stockage pourvue de bras malaxeurs à la manière des malaxeurs à pâte. De l'air comprimé est injecté continuellement en petite quantité dans la trémie, donnant au ciment une consistance fluide et facilitant son libre écoulement par le fait de son poids dans les sacs.

La Fourniture en Énergie.—Dans le but de fournir l'énergie nécessaire à l'usine on a amené depuis la banlieue de Sheffield une ligne aérienne sous une tension de 33000 volts. Si une panne se déclarait sur une ligne, une autre pourrait être utilisée pour fournir l'énergie indispensable. Les moteurs de plus de 150 H.P. fonctionnent sous 3000 volts, tandis que pour les moteurs de 150 H.P. ou de moins de 150 H.P., la tension de 400 volts est employée. La distribution de l'énergie se fait au moyen de quatre sous-stations.

La grue électrique est fabriquée par Ruston et Hornsby, Ltd.; les machines électriques par Metropolitan-Vickers, Ltd.; le concasseur à mâchoires et les delayeurs, par Vickers-Armstrongs, Ltd.; le broyeur giratoire par Symon Bros.; les moulins tubulaires, les appareils pneumatiques de transport, les fours et les appareils de mise en sacs par F. L. Smidth & Co., Ltd.; les moteurs actionnant les moulins tubulaires par Crompton-Parkinson, Ltd.; le tamis à pâte par Sunderland Forge et Engineering Co., Ltd.; les ventilateurs aspirateurs de poussières par Keith, Blackman & Co.; le tracteur à wagon à charbon par Mitchell Conveyor et Transport Co., Ltd.; les appareils et instruments électriques par Geo. Ellison, Ltd., Metropolitan Vickers, Ltd., Reyrolle & Co., Ltd., Crompton-Parkinson, Ltd., et Nalder Bros. & Thompson, Ltd.; les câbles souterrains par British Insulated & Helsby Cables, Ltd., et MacIntosh Cable Co.; la dragline par Mr. E. F. Sargeant.

Nous donnons dans ce qui suit l'explication des figures: Fig. 1 (voir page 55) Vue générale; Fig. 2 (voir page 56) Plan général; Fig. 3 (voir page 57) Vue des fours rotatifs prise en regardant les refroidisseurs; Fig. 4 (voir page 58), Les fours rotatifs, vue prise de la plateforme de chauffage; Fig. 5 (voir page 59), Broyeur à mâchoires 1 m. 80 par 1 m. 20; Fig. 6 (voir page 60) Les appareils d'alimentation du broyeur à mâchoires; Fig. 7 (voir page 61) Le broyeur conique; Fig. 8 (voir page 62) Les deux moteurs auto-synchrones de 650 C.V. actionnant par un engrenage réducteur de vitesse les moulins à voie humide; Fig. 9 (voir page 63) Le tableau principal de distribution, avec les transformateurs 3000/400 volts; Fig. 10 (voir page 64) L'une des machines de mise en sacs; Fig. 11 (voir page 65) Dragline (capacité 4 tonnes); Fig. 12 (voir page 67) Vue prise dans la carrière.

Les essais de ciment.

Par le Dr. G. HAEGERMANN.
(Chef du Laboratoire de l'Association des fabricants Allemands de Ciment Portland, Berlinkarlshorst.)

Le but des essais de ciment est le discernement de ses principales qualités en tant que matériau de construction. Les propriétés essentielles du ciment sont : le constance de volume, le temps de prise, et la résistance ; La finesse, le volume et le poids spécifique sont de moindre importance. L'expérience a montré que l'état de volume et le temps de prise peuvent être connus par l'essai d'échantillons de ciment en pâte pure, mais le résistance doit être déterminée à l'aide de mélange de ciment et sable.

Les essais pour le dilatation sont tout à fait semblables dans toutes les spécifications types du monde. Ils consistent soit à placer un petit galette de ciment sous de l'eau froide, soit dans l'essai de Le Chatelier et dans l'essai à l'eau bouillante de Michaëlis si un essai accéléré est demandé. Les essais ainsi appelés accélérés peuvent donner des résultats plus ou moins définis que ceux effectués sur échantillons placés dans l'eau froide. Des expériences étendues ont prouvé qu'un ciment ne s'accomodant pas de l'essai accéléré peut cependant donner une bonne stabilité de volume en pratique. Le laboratoire de l'Association des Fabricants Allemands de Ciment Portland possède des échantillons de ciment qui n'ont pas supporté les essais accélérés mais ne se sont pas désagrégés même après un séjour à l'air libre d'une durée de 33 ans. D'un autre côté les essais accélérés n'indiquent pas l'expansion due à la présence de gypse. L'objection à l'essai accéléré, à savoir qu'il n'est pas en rapport avec les conditions de la pratique est incontestablement justifiée. En admettant l'essai accéléré comme un essai préliminaire nécessaire, la tenue d'un petit galette de ciment placé sous l'eau froide doit cependant être spécifiée comme l'essai final. L'appareil de Vicat sert généralement pour la détermination du temps de prise. Des tentatives ont été faites pour le remplacer par un appareil automatique, mais sans succès.

L'essai de temps de prise indiquera le temps après le mélange dans les limites duquel on peut couler le mortier ou le béton sans perte de résistance. En conséquence les caliers des charges contiennent des prescriptions pour la prise initiale. C'est l'objet de l'essai de déterminer si la prise initiale correspond à la norme et l'appareil de Vicat est adapté à cet effet.

Alors que l'essai initial indique le commencement de la réaction entre les composés hydrauliques du ciment, l'essai final doit être considéré comme une limite arbitraire, qui représente un certain degré de solidité, sans importance spéciale. C'est pourquoi la majorité des spécifications n'exigent pas un temps de prise défini, et celles qui contiennent de telles exigences devraient être remplacées par une spécification de résistance après un temps court. La méthode d'essai de résistance la plus simple consisterait, sans aucun doute, à utiliser une pâte de ciment pur composée uniquement de ciment et d'eau ; malheureusement cette méthode n'indique pas la résistance du ciment lorsqu'il est mélangé à du sable, et par conséquent les essais de ciment en pâte pure ne seront pas utilisés. Les conditions prédominantes en pratique seront aussi appliquées à la

méthode d'essai du ciment en laboratoire. L'expérience montre que les essais des échantillons de ciment en pâte pure ne donnent pas de résultats de valeur pratique ; et l'on fait des observations semblables avec des mortiers-type de sable, aussi bien avec mélange à des ciments spéciaux qu'à des ciments naturels. En d'autres termes, la méthode d'essai actuellement en rigueur est valable seulement pour les ciments artificiels Portland. Les normes-type de beaucoup de pays comprennent la définition comme une partie essentielle de la norme-type. D. B. Butler,[1] dans un article sur les récentes améliorations dans la fabrication du ciment a exprimé l'opinion que les essais de ciment en pâte pure seront retenus car, alors que des variétés de ciment Portland donnent souvent des résultats hautement satisfaisants, les résultats des échantillons de ciment en pâte pure sont relativement faibles. Ce phénomène arrive, mais il n'indique pas les propriétés d'un ciment lorsqu'on utilise des sables de la grosseur de grains, mélangés, et une plus grande quantité d'eau. On devra décider d'après les travaux expérimentaux postérieurs s'il sera possible de trouver une méthode d'essai applicable à toutes les sortes de ciment aussi bien qu'aux différentes méthodes de fabrication. Il sera nécessaire de spécifier le sable, l'eau contenue, la mesure de la consistance, la proportion du mélange, la méthode de mélange, la forme des échantillons, la méthode de conservation, et l'âge auquel les échantillons sont essayés, si l'on veut obtenir des résultats comparables d'après des échantillons de mortier de ciment Portland, car de l'altération d'une de ces valeurs il résultera des variations dans les résultats d'essai.

La méthode de conservation et l'âge des échantillons sont nettement uniformes dans des pays différents. Il n'y a aucune objection à la conservation d'échantillons sous l'eau à une température de 15 à 18° C., après un stockage dans une atmosphère humide d'une durée de un jour, ou à la méthode de conservation dite combinée (un jour : atmosphère humide ; six jours : sous l'eau, et 21 jours à la température d'une chambre). Ces spécifications sont généralement satisfaisantes, et aucune modification ne peut être recommandée.

Les spécifications diffèrent à l'égard de l'âge des échantillons, au point que quelques spécifications prévoient seulement des essais à 7 et 28 jours, pendant que d'autres spécifications exigent aussi des essais à 2 ou 3 jours. En Autriche, comme suite à une proposition de Spindel, les âges d'essais sont limités à 2 et 7 jours, l'essai à 28 jours étant écarté, de même que tout autre.

Les essais de mortiers jeunes se trouvent être spécialement nécessaires avec les récents ciments à haute résistance. Ils sont aussi désirables en vue de déterminer rapidement la qualité du ciment. Que l'âge soit fixé à 2 ou 3 jours, peu importe. On a passé en Allemagne une convention pour utiliser l'essai à 3 jours car les résultats sont plus uniformes après cette période qu'après 2 jours. L'essai à 28 jours a été aussi retenu pour voir si la résistance s'accroit aux âges plus élevés.

On détermine la résistance soit par des essais à la traction seulement, soit par des essais à la traction et à la compression. Les essais à la traction et à la compression indiquent des qualités différentes du ciment, car il n'y a pas de relation définie entre la résistance à la compression et à la tension. L'expérience

[1] "Cement and Cement Manufacture," No. 2, 1929, pages 62/64.

montre que les résultats des essais à la traction diffèrent considérablement, et, à cause de cela, on a proposé en Allemagne d'écarter l'essai à la traction et de le remplacer par un essai plus approprié. On rencontre rarement des efforts de tension dans les constructions en béton, et on juge mieux la vraie valeur d'un mortier par sa résistance à la compression. On doit donc accorder beaucoup d'attention à l'essai à la compression. Si l'on se propose de rassembler des donées sur une propriété ultérieure de la résistance, on peut utiliser l'essai à la flexion (prismes) au lieu de l'essai à la traction, car les résistances à la traction et à la flexion sont liées l'une à l'autre. On doit cependant mentionner que l'on ne possède pas encore une expérience suffisante des essais à la flexion pour juger leur valeur définitive. A s'en rapporter aux essais effectués jusqu'ici il ne semble pas y avoir une différence aussi étendue que pour les essais à la traction.

La proportion du mélange de mortier consistant en une partie de ciment et trois parties de sable, comme il est spécifié dan toutes les spécifications, est avantageuse et a prouvé sa sûreté de sorte qu'il n'est pas nécessaire d'en parler ici.

Il y a des différences considérables dans les méthodes de mélange et de moulage des échantillons d'essai. Dans certains cas on spécifie le mélange mécanique, et dans certains autres le moulage à la main. La façon de tasser le mortier aussi, n'est pas uniforme. De là, en découle plutôt de grandes différences par l'emploi des deux méthodes.

On devrait préférer le mélange et le damage mécaniques à la confection à la main, et éliminer l'élément humain. Le mélange mécanique est en général exécuté par l'appareil mélangeur Steinbrück-Schmelzer, tandis que l'on fait le damage mécanique avec l'appareil à marteau Böhme-Martens ou avec le bélier Klebe. On peut considérer ces deux appareils comme également convenables, quoique celui à marteau est d'un usage plus général. Le bélier tasse les échantillons à une densité supérieure à celle que donne l'appareil à marteau, de sorte que les résultats sont naturellement quelque peu plus élevés dans le premier cas, surtout au premier âge des échantillons. Des tentatives d'aboutir à une convention internationale, en considération du type d'appareil à damer, ont échoué jusqu'à présent, et il est probablement invraisemblable qu'un tel accord se réalise.

Lorsque l'on essaye des échantillons de mortier plastique au lieu d'échantillons de mortier battu, la fabrication des échantillons à la main est d'un usage courant. En ce cas le mortier doit être si mouillé qu'un damage plus ou moins soigné ne donnera pas une différence essentielle, éliminant ainsi toutes variables dûes à l'élément humain.

Le sable normale est une autre constante qui donnera lieu à un problème très difficile dans une norme internationale uniforme. A part les pays du centre et du Nord de l'Europe où l'on utilise le sable type Allemand, à peu près tous les pays du monde possèdent leur propre sable type où le diamètre des particules et la composition chimique varient. En égard aux diamètres des particules, les normes diffèrent de trop. C'est pourquoi des limites étroites sont généralement spécifiées de sorte qu'on puisse parler d'un sable standard de grains à diamètre unique. Ces pays qui spécifient des sables en grains à plusieurs diamètres

mélangés limitent aussi strictement les proportions des fractions de différent diamètre. Un sable en grains de même diamètre a été essayé pour l'essai des mortiers humides, mais pour l'essai des mortiers plastiques on doit préférer l'usage d'un sable en grains de plusieurs diamètres mélangés. Un sable normale en grains de même diamètre ne retient pas l'eau du mortier d'une façon satisfaisante, exerçant ainsi une grande influence sur les résultats, par perte d'eau dans le premier âge. C'est pour cette raison que les premiers expérimentateurs se trompèrent quand ils se servaient de mortiers plastiques. Les expériences de Monsieur Féret montrent que la possibilité d'obtenir des résultats comparables avec des mortiers plastiques dépend de l'usage de sables en grain de plusieurs diamètres mélangés qui contiennent une quantité suffisante de matériaux en grains fins: mes expériences s'accordent avec celles de Monsieur Féret.

La quantité d'eau du mortier est principalement spécifiée de telle sorte qu'il en résulte des mortiers humides. Il y a seulement un petit nombre d'exceptions qui prévoient une plus grande quantité d'eau d'où il en résulte un mortier plastique faible (États-Unis d'Amérique, France et Suisse).[1] L'eau contenue est en général déterminée par la consistance qui résulte de la quantité nécessaire d'eau pour les échantillons de ciment en pâte pure (appareil de Vicat). Autrement l'eau contenue est déterminée par l'efflux de l'eau à la surface des échantillons moulés quand ils ont été damés par l'appareil à marteau ou par le bélier.[2] Les 2 méthodes peuvent donner des résultats différents suivant le coup de main des différents expérimenteurs. Le mortier humide est plutôt inapte à la détermination du degré de consistance et pour cette raison on détermine la quantité d'eau nécessaire par l'usage d'une pâte pure de ciment. On doit faire cette détermination de préférence en utilisant un mortier composé de ciment, de sable en grains de plusieurs diamètres, et d'une grande quantité d'eau incluse. L'usage d'une quantité d'eau incorrecte est une faute moins grave lorsque l'on essaye des mortiers humides, et partant de là, on a proposé, en Allemagne de spécifier une quantité d'eau uniforme pour tous les ciments. On prétend que le mortier humide est trop sec si on le compare à la consistance habituelle du béton, et que la valeur du damage des échantillons est trop élevée. Cette objection est juste et de là vient la tendance à essayer, à l'avenir, dans beaucoup de pays, un mortier plastique au lieu de mortier humide. On peut se référer au travail fait par la Société International d'essais de Matériaux exécuté d'après une proposition de Monsieur Féret et d'après le programme de recherches proposé par Monsieur Schule (Zurich). On peut aussi se rapporter aux propositions de Monsieur R. Féret et de Monsieur Ros (Zurich) à l'occasion du Congrès International tenu à Amsterdam en 1927. Les résultats expérimentaux maintenant utilisables seront traités dans un article sur l'essai des mortiers plastiques, à paraître plus tard.

Beaucoup de gens désirent des méthodes d'essai uniformes et internationales. Une convention d'une immense portée existe déjà au sujet l'essai de le dilatation et du temps de prise. L'essai de résistance n'est pas toutefois uniforme. En premier lieu, il est nécessaire d'écarter les principales divergences d'opinion. Il y aura, sans doute, toujours une difficulté sur la question du sable type, mais

[1] Seulement pour l'essai à la flexion.
[2] L'afflux de l'eau à la surface doit avoir lieu entre le 90ième et le 100ième coup.

on aura fait un grand pas en avant lorsque on aura obtenu des spécifications uniformes en égard à l'espèce des échantillons et à la méthode de leur fabrication.

Les différences de langage qui ont jusqu'à présent gêné une discussion internationale sont maintenant supprimées par la publication de Cement and Cement Manufacture en quatre langues. Ce journal devra être cordialement reçu et soutenu, car il procure l'unique moyen de communication à travers le monde. La spécification des mortiers plastiques, à laquelle beaucoup de pays sont maintenant intéressés, offre une rare occasion de spécifier des méthodes d'essai uniformes.

La prise et le durcissement des ciments.

Par le PROFESSEUR C. H. DESCH, F.R.S. (Université de Sheffield, Angleterre).

La résistance d'un mortier ou d'un béton est déterminée par les réactions qui se produisent entre le ciment et l'eau avec laquelle il est mélangé. Pour obtenir des ciments de meilleure qualité, il est donc nécessaire de comprendre les réactions qui se produisent au cours de la prise et du durcissement. En remontant jusqu'en 1856, A. Winkler émit l'idée que le ciment hydraté par l'eau se transformait en chaux libre et en certains composés de chaux et de silice ou d'alumine dont la formation peut avoir lieu par voie humide. Ce fut en 1887 qu'Henry le Chatelier démontra que les réactions prenaient réellement cette forme et réussit, par des études chimiques et microscopiques très approfondies à identifier quelques uns des produits. En comparant ces phénomènes avec la prise du plâtre de Paris, il arriva à la conclusion que la résistance de la masse après la prise était dûe à l'entrelacement de groupes de cristaux. Les observations portèrent sur du ciment ou des composés isolés qu'il croyait être les éléments constitutifs du ciment, mélangés avec un excès d'eau ou d'un autre réactif, sur une plaque de verre; il relevait avec soin la nature des cristaux qui se formaient au cours de l'expérience.

Il ne s'ensuit pas cependant, que si la proportion d'eau employée est moindre, les réactions doivent suivre exactement la même marche. En 1893, quand se fut éveillé l'intérêt des chimistes pour les propriétés des substances colloïdales, W. Michaelis émit l'idée que le produit principal de l'action de l'eau sur le ciment n'était pas un composé cristallin, mais une masse colloïdale, de composition variable, dont un simple silicate de chaux hydraté pouvait former la base. Les aluminates étant d'abord décomposés par l'eau, il peut se former un aluminate plus simple, de forme cristalline si la quantité d'eau est suffisante, ou sous une forme gélatineuse s'il y a moins d'eau. Les silicates du ciment suivent ensuite le même processus.

Les résultats d'un examen attentif, au microscope, des réactions du ciment et de l'eau corroborent sérieusement ce point de vue. Les particules de ciment se gonflent et se trouvent recouvertes d'une couche gélatineuse dans laquelle apparaissent plus tard de petits cristaux. Le durcissement qui se produit quand

il n'y a plus excès d'eau peut être dû en partie à l'entrelacement des cristaux, mais probablement plus encore au déssèchement de la masse colloïdale, donnant un produit vitreux. Il est vrai que depuis ces travaux, la différence entre colloïdes et cristalloïdes est devenue moins tranchée car l'examen aux rayons X a relevé que beaucoup de substances colloïdales sont, dans l'état actuel de la science, composées de cristaux, bien que d'une taille très petite. Il existe encore cependant, une différence tellement évidente entre les cristaux d'une grosseur appréciable et les colloïdes que l'on peut, pour plus de commodité, en retenir la distinction.

La décomposition par l'eau des corps constitutifs du ciment, qui est une réaction du type connu des chimistes sous le nom d'hydrolise peut avoir lieu progressivement. Une partie de la chaux disparaît sous forme d'hydroxide soluble, laissant un aluminate ou un silicate moins basique. Sous l'action prolongée de l'eau, une plus grande quantité de chaux peut encore disparaître et l'état final est atteint seulement quand le résidu n'est plus formé que de silice pure gélatineuse dans un cas, ou d'alumine pure gélatineuse dans l'autre. Quand l'eau disparaît par évaporation, la solution de chaux se concentre et une partie de la chaux peut se recombiner avec les acides résiduels. C'est un processus lent, car les colloïdes perdent leur énergie réactive au fur et à mesure qu'ils perdent de l'eau.

Plusieurs expérimentateurs ont obtenu ces mêmes résultats, mais il est évident qu'il est impossible de représenter les transformations qui se produisent pendant la prise et le durcissement du ciment, en posant seulement des équations chimiques. La composition des produits de réaction doit varier avec les proportions des substances réagissantes, de sorte que le résultat que l'on obtient en mélangeant un mortier avec de l'eau de chaux, par exemple, ne sera pas le même que si l'on avait employé la même quantité d'eau pure, car dans le premier cas l'hydrolise ne se produira pas aussi loin. De plus, si on y ajoute une matière pouzzolanique fine et active, elle peut entrer en combinaison avec la chaux devenue libre et favoriser ainsi une réaction progressive. Au point de vue de la résistance au feu et aussi de l'action des dissolvants chimiques, tels que l'eau de mer ou l'eau des marécages, il est souhaitable d'avoir aussi peu de chaux libre (hydroxide) que possible, dans le mortier ou le béton, la masse étant alors composée de silicates et d'aluminates qui ne sont pas extrêmement basiques. Cette condition peut être remplie par l'addition de matières pouzzolaniques ou d'une autre façon. Ceci est d'une importance incontestable.

La plus grande finesse de mouture des ciments qui maintenant est devenue générale, permet aux réactions de se produire plus rapidement et plus complètement. Dès qu'une particule se trouve recouverte d'une couche gélatineuse, la réaction ne peut se poursuivre que par diffusion à travers cette couche; il en résulte une vitesse de réaction relativement petite. Si en même temps, cette couche subit des transformations propres à la rendre dure et imperméable, la réaction cesse, bien qu'il y ait encore un noyau de matière intacte, devenu inaccessible à la réaction. Le ciment représenté par ce noyau est perdu, puisqu'il ne joue plus que le rôle de sable ou d'une autre matière inerte.

Pour des études ultérieures à ce sujet, la marche de la diffusion de l'eau et des solvants à travers ces couches mérite une étude plus approfondie. La composition du clinker est assez bien connue maintenant, mais l'étude combinée des processus de prise et de durcissement a fait moins de progrès malgré les très nombreux travaux publiés à ce sujet.

L'auteur croit que la recherche scientifique dans cette partie de la chimie physique des ciments doit avoir vraisemblablement une influence très importante sur les progrès techniques à venir.

De récentes installations à ciment.

Donnons des explications sur quelques unes des plus importantes installations pour fabriquer du ciment exécutées récemment par Messieurs Vickers-Armstrongs, Ltd. Parmi celles-ci, on peut mentionner douze fours pour le groupe de fabricants de ciment le plus important d'Angleterre : L'installation complète de l'usine à ciment de Holborough, Snodland, Kent, avec une capacité de production de 180000 tonnes par an. La fourniture de la machinerie de fabrication du ciment pour les usines à ciment Eastwood, Barrington, Cambs. (capacité de production : 120000 tonnes par an.). Les four rotatif et moulin broyeur pour la " Commonwealth Portland Cement Co." d'Australie ; trois fours rotatifs aussi pour la " Synthetic Ammonia et Nitrates Ltd." (une filiale de " Imperial Chemical Industries Ltd."). En plus, ils ont fourni des installations diverses de broyage et de mouture dans le monde entier.

Quelques unes des installations citées ci-dessus sont d'un intérêt particulier, lorsqu'elles comprennent les fours rotatifs à réflexion Vickers, avec refroidisseur intégral. Trois fours de ce type ont été fournis à " l'Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd." et la " British Portland Cement Manufacturers Ltd." chacun d'eux ayant 99 m 50 de longueur et le refroidisseur intégral 8 m de diamètre. Ces fours ont la renommée d'être les plus grands du monde, par leur volume. Deux fours de ce type ont été aussi fournis à la " Synthetic Ammonia and Nitrates Ltd."

Messieurs Vickers-Armstrongs Ltd. se sont assurés de récentes commandes, telles que : un four rotatif à réflexion pour la " Katni Cement Works," India ; un autre pour la " Japla Cement Works," India ; trois fours rotatifs à chaux pour le " Brunner Mond & Co., Ltd." Un autre récent contrat a été passé pour l'installation complète de la " Green Island Cement Works," Hong Kong (capacité 100000 tonnes per an). Dans ce contrat sont compris deux fours rotatifs à réflexion munis de refroidisseurs intégraux, et nous pensons que ce contrat est une des plus grandes commandes qu'une firme anglaise se soit assurée pour le lointain Orient.

Messieurs Vickers-Armstrongs, Ltd., ont aussi exécuté une installation spéciale de broyage pour la Société de ciment Alumineux Lafarge et ont fourni un broyeur à machoires oscillantes de 1m 83 par 1m 22 pour la nouvelle usine á ciment de G. & T. Earle, Ltd. Cette dernière machine est croyons nous, la plus grande qui ait été jamais construite en Europe, et toutes ses particularités sont indiquées à un autre endroit de ce numéro.

La Fig. 1 (voir page 75) montre des fours à l'usine à ciment de Johnson, Kent, Angleterre; la Fig. 2 (voir page 76) montre des mêmes fours à leur extrêmité de refroidissement; la Fig. 3 (voir page 76) montre un broyeur à mâchoires de 1 m 83 par 1 m 22 pour l'usine à ciment de Hope, Angleterre; la Fig. 4 (voir page 77) montre des fours de 2 m 74 et 3 m 20 par 61 m à l'usine à ciment d'Eastwood, Barrington, Angleterre; la Fig. 5 (voir page 77) montre un mélangeur " soleil et planète " de 18 m 30 de diamètre, à l'usine d'Eastwood; la Fig. 6 (voir page 78) montre un moulin broyeur à ciment de 2 m 13 par 11 m pour la Cie. de Ciment Portland de Commonwealth, Australie.

Une nouvelle usine Italienne de ciment.

L'usine de ciment de Gênes de " l'Italia Soc. Anon. Cementi Portland Artificiale " est une usine moderne à laquelle on a appliqué toutes les données de l'expérience de ces dernières années relatives au côté économique de la construction des usines de ciment. La " Miag-Mühlenbau-und-Industrie Co." en a dressé les projets et les plans, en même temps qu'elle en a fourni l'équipement mécanique à l'exception de quelches machines spéciales. L'usine est située au pied des Appenins, près du Port de Gênes.

La matière première consiste principalement en marne contenant 75 pour cent de calcaire. Elle est transportée à l'usine, située à 2 kms. de distance au moyen d'un funiculaire aérien qui traverse plusieurs vallées. On emploie aussi de la pierre à chaux presque pure (98%) en petites quantités. Cette pierre à chaux est transportée à l'usine sur rails à partir de deux carrières situées à quelque distance de l'usine. On transporte également sur rails les pyrites calcinées à donner au mélange de matières premières une bonne composition, ainsi que le gypse et le charbon.

La marne, la pierre à chaux et les pyrites calcinées sont stockées en plein air; le charbon, le clinker et le gypse sont stockés dans des endroits couverts. Deux grues à bennes preneuses mainent la totalité de la matière première; la première, qu'on actionne de dehors, possède un mouvement de rotation de 360°; la seconde, qu'on actionne sous abri est une haute grue de transport du type ordinaire.

On a installé des convoyeurs à auges de type " Torpedo." Les matières de faible volume sont transportées au moyen de convoyeurs pneumatiques et à courroie. Toutes les grosses machines sont actionnées directement par des moteurs particuliers avec interposition d'engrenages réducteurs de vitesse. On emploie relativement peu de moteurs en groupe, ce qui limite le nombre des courroies de transmission. Tous les broyeurs et réservoirs à matières premières ont été construits pour pouvoir servir indifféremment dans les opérations par voie humide ou par voie sèche.

L'équipement mécanique comprend deux fours rotatifs, dont l'un a 3 m. de diamètre et 63 m. de longueur, et l'autre 3 m 25 de diamètre et 63 m. de longueur, avec un débit quotidien de 600 tonnes. En raison du manque d'eau, les opérations se poursuivent actuellement par la voie sèche.

La Fig. 1 (voir page 80) est un plan général de l'usine; la Fig. 2 (voir page 81) représente une coupe de l'usine, tandis que la Fig. 3 (voir page 82) est une vue générale de l'usine.

Le Broyage.—La matière première est concassé dans les carrières. Deux concasseurs " Titan " du type 8 SS D sont affectées au broyage de la marne. On transporte les wagons chargés depuis la carrière jusqu-aux trémies; là on les décharge de leur contenu sur des convoyeurs à courroies d'acier qui alimentent les concasseurs. La marne une fois broyée tombe dans de grands silos de là, on la soutire au moyen de tiroirs qui la déchargent dans les wagons suspendus. Ceux-ci se rendent à l'usine où la matière première est déchargée dans des trémies ayant une capacité de 500 tonnes. La matière en excès est enlevée en masse au moyen d'une grue à benne preneuse qui la met ensuite en stockage.

La matière provenant de la carrière calcaire est broyée d'une manière semblable. On la transporte au moyen du funiculaire aérien qui la charge dans des wagons sur rails. On pèse la pierre à chaux dès son arrivée à l'usine, puis on la charge par une grue à benne preneuse dans une deuxième trémie pouvant contenir 150 tonnes, située à côté de la trémie à marne. Une deuxième carrière est également mise en exploitation, d'où la pierre encore non broyée est dirigée sur l'usine. On la broie à l'usine au moyen d'une concasseur " Titan." Un élévateur la monte dans la deuxième trémie.

On a aménagé une troisième trémie pour le stockage des pyrites calcinées. Les pyrites calcinées en excès sont rassemblées en masse; puis la grue à benne preneuse les charge dans la trémie. Au-dessous de chaque trémie se trouve une table d'alimentation, chaque table étant affectée à une machine à peser qui définit les proportions de la matière. La marne (qui constitue près de 90% de la matière première) est pesée séparément, tandis que la pierre à chaux et les pyrites calcinées passent sur une deuxième machine à peser. Ces machines déchargent la matière première dans des convoyeurs à auges du type " Torpedo."

Le Département du Séchage.—Pendant la saison sèche, le séchage artificiel n'est point nécessaire. On amène le mélange dans les réservoirs d'alimentation situés au-dessus des moulins broyeurs à matière première. Quand le séchage devient indispensable, un élévateur monte le mélange dans une trémie d'où un tablier d'alimentation dirige la matière sur un tambour de séchage. Ce tambour de séchage de 2 m 25 de diamètre et de 18 m de longueur est chauffé par la chaleur dans les gaz du four, en plus du chauffage habituel. Un convoyeur à auges du type " Torpedo " enlève la matière séchée du tambour. La matière monte au moyen d'un deuxième convoyeur à auges transversal et d'un élévateur à godets jusqu'aux trémies à matière première, situées au-dessus des moulins broyeurs. Un convoyeur à auges distribue la matière séchée dans les trémies.

Le Moulin Broyeur et les Silos à Matière Première.—Des tables d'alimentation réglables introduisent la matière des trémies dans deux tubes broyeurs à trois chambres de 2 m par 12 m. Ces moulins reposent sur tourillons aménagés avec un dispositif automatique de lubrification à l'huile. En quittant les moulins broyeurs, le mélange de matières premières se rend aux silos qui lui sont affectés au moyen d'un convoyeur hélicoïdal. Un élévateur monte finalement le mélange

préparé pour la cuisson et le décharge dans des trémies situées au-dessus du four rotatif. Le mélange est distribué dans ces dernières d'une manière homogène au moyen d'un convoyeur hélicoïdal. Les alimentateurs en matière première commandent la marche de l'alimentation et du malaxage.

Les Fours Rotatifs.—L'équipement actuel comprend deux fours rotatifs, l'un ayant 2 m 25 par 62 m et l'autre 3 m par 63 m, avec des refroidisseurs de 2 m par 20 m 50 placés en-dessous. Les fours (Fig. 4, voir page 83) sont équipés avec des supports à rouleaux à lubrification automatique et refroidissement par l'eau. Des moteurs réglables actionnent les fours par l'entremise de courroies de transmission. Un département séparé est affecté au séchage et à la pulvérisation du charbon, qu'une conduite d'insufflation injecte sous pression élevée dans le four.

L'un des fours rotatifs est aménagé avec un dispositif Stehmann permettant de boucher toutes les fissures pouvant laisser entrer de l'air dans le four et le refroidisseur. En rendant hermétiques les issues du refroidisseur et en employant une soufflerie donnant une pression élevée, tous les gaz provenant du clinker chaud sont employés pour le chauffage du four; de plus, on empêche de cette manière l'admission de l'air froid.

Un récupérateur du type Babcock-Wilcox est adapté à chaque four. Il crée la presque totalité de l'énergie nécessaire à l'usine. On fait marcher, en cas de nécessité une chaudière additionnelle en plus du turbo-générateur. Les gaz chauds sortant du four passent à travers un aspirateur de poussiéres électrique.

Séchage et pulvérisation du Charbon.—Le charbon arrive par wagons. Une grue à benne preneuse le décharge dans l'alimentateur à charbon. Celui-ci alimente une petite broyeuse " Titan." Le charbon broyé est monté au moyen d'un élévateur à godets dans le silo de stockage, d'où il est dirigé au moyen d'un tablier d'alimentation dans un tambour de séchage de 1 m 40 par 14 m. Le charbon, une fois desséché tombe dans une machine à peser automatique. Un élévateur le monte ensuite dans un gros réservoir de stockage comprenant deux compartiments. Deux tables d'alimentation assurent l'approvisionnement de deux moulins broyeurs à trois chambres de 1 m 50 par 8 m employés pour pulvériser le charbon; ils sont actionnés par des moteurs directement accouplés, avec entremise d'engrenage réducteur de vitesse. Un élévateur à godets monte le charbon pulvérisé dans deux réservoirs de stocage situés au-dessus des fours rotatifs. Un conduit hélicoïdal se rend dans un silo de plus grande capacité et sert à soulager les réservoirs quand ceux-ci se trouvent surchargés.

Le Stockage du Clinker.—Le clinker sortant passe sur une machine à peser et se rend dans un convoyeur à auges qui le décharge dans une puit.

La grue à benne preneuse enléve le clinker et le dépose, après l'avoir élevé sur le plancher de stockage. La même grue enlève le clinker stocké et le décharge dans les silos à clinker servant à l'alimentation des moulins broyeurs à ciment. On a installé un réservoir latéral à gypse. Le gypse arrive sur rails.

La grue à benne preneuse le décharge; unbroyeur " Titan " le broie, et un élévateur à godets le monte dans le réservoir.

Les trois trémies clinker et le trémie à gypse sont équipés chacun avec un dispositif de vidange, alimentant le convoyeur à auges. Les silos de

stockage du clinker, situés au-dessus des moulins broyeurs à ciment communiquent avec une deuxième auge, un élévateur et un autre convoyeur à auges qui distribue le clinker dans les trémies des moulins broyeurs.

Le Moulin Broyeur à Ciment.—Chacun des deux moulins broyeurs de 2 m 25 par 12 m est équipé avec deux tables d'alimentation assurant le malaxage des différentes qualités de clinker, ou employées pour additionner d'autres substances dans des buts spéciaux. Le volume occupé par les moulins broyeurs est à peu près égal à celui occupé par le département de pulvérisation de la matière première, avec cette différence que les premiers ont un diamètre un peu plus grand. Le ciment, une fois broyé au degré de finesse voulu est transporté dans le silo à ciment au moyen d'une pompe Fuller-Kinyon ou de convoyeurs hélicoïdaux ou à courroies.

Silos à Ciment, Mise en Sacs et Transport.—Le magasin à ciment comprend deux silos en béton de 10 m de diamétre sur 20 m 50 de haut reliés à un convoyeur hélicoïdal. On peut les vider automatiquement au moyen d'un " Silator " ou au moyen de chaînes qui dirigent le ciment au fond du silo dans un convoyeur hélicoïdal. Dans le premier cas, des appareils de mise en sacs automatiques prennent le ciment des trémies de mis en sacs, tandis que dans l'autre cas, des appareils électriques " Miag " se chargent de la mise en sacs.

Le chargement dans les wagons roulant sur rails est effectué en partie à la main et en partie par des courroies de transport. On a installé des dispositifs appropriés pour opérer le chargement, au besoin, dans des camions. On a installé des aspirateurs de poussières munis de tubes-filtres à tirage. L'usine possède également un atelier de réparation, un laboratoire, ainsi qu'une installation génératrice d'énergie par turbine à vapeur, avec tableau de distribution et sous-stations.

Une usine moderne a ciment portland en Argentine.

La première unité d'une nouvelle usine à ciment Portland de la " Loma-Negra S.A. Compania Industrial Argentina " fut commencée à l'automne 1928 (près de Olavarria petite ville de l'Argentine) à environ 145 kms. de Buenos-Aires. Cette usine qui produit actuellement environ 200 tonnes de ciment par jour compte parmi les plus modernes et les plus économiques des usines à ciment construites pendant ces quelques dernières années. L'idée qui prévalut dans l'établissement des machines fut de réunir plusieurs stades d'opération dans une seule grande machine, afin de diminuer le travail et le prix de revient. On le voit, par exemple, par le fait que les broyeurs à matière cru et à ciment ont le même diamètre de 2 mètres et sont donc comparables sous tous rapports. On obtient ainsi une grande simplicité de marche et de plus une réduction du nombre des pièces de rechange nécessaires. Il est intéressant de noter le très petit nombre relatif de courroies dont on se sert; la plupart des grandes machines sont en effet actionnées par des moteurs électriques séparés. La plus grande

partie de l'installation est située dans deux travées d'une construction de 200 mètres de long à carcasse métallique.

Comme la matière cru convenait particulièrement au procédé par voie humide, et que l'on pouvait se procurer la quantité d'eau suffisante, on choisit le procédé à pâte épaisse. Des excavateurs à chenille extraient les matières premières—calcaire et argile—de gisements situés à quelques centaines de mètres de l'usine. Des locomotives transportent ces matières jusqu'à l'installation de concassage dans des waggonets à bascule de 1 mètre cube de capacité. Les waggonets déversent le calcaire et l'argile sur un crible qui sert d'alimentateur à un concasseur qui peut concasser normalement environ 30 tonnes de matière cru à l'heure; son rôle correspond à celui du moulin à marteau bien connu, mais son rendement est de beaucoup supérieur. La matière est concassée jusqu'à la dimension de 1 cm 9 environ qui convient à l'alimentation du moulin. Une partie de l'argile est réduite en pâte dans un delayeur du type à agitateur, puis coule par un puits dans un compresseur double qui la refoule par l'air comprimé dans des réservoirs situés au dessus des moulins à matière cru.

Chaque compresseur double se compose de deux compresseurs qui travaillent alternativement. Au moyen d'un dispositif de commande automatique, un des compresseurs se remplit toujours de pâte pendant que l'autre se vide, grâce à l'air comprimé qui pousse la pâte dans les tuyaux. L'avantage d'un double compresseur est qu'aucune commande ou partie mécanique délicate ne vient en contact avec la pâte et que par conséquent un arrêt du à un engorgement est rendu impossible.

Actuellement un moulin Solo à trois compartiments de 2 m. de diamètre et de 13 m. de long sert au broyage de la matière cru. Un élévateur à plan incliné monte le calcaire et l'argile concassés dans le concasseur jusqu'à des silos situés au dessus du moulin à matière cru; la matière est alors versée dans le moulin en quantités qui peuvent être exactement dosées, au moyen d'un alimentateur à sole tournante. Le mélange de calcaire et d'argile, broyé, est transformé en pâte suivant une opération continue. L'opération de broyage se poursuit, étagée dans trois compartiments du moulin remplis de différents corps de broyage. La pâte finement moulue coule du moulin dans un compresseur double qui l'envoie dans trois réservoirs de réserve et de mélange de 7 m. de diamètre et de 12 m. de haut. Là, un appareil pneumatique mélangeur de ciment, automatique, termine l'homogénéisation. Le débit d'air est réglé par une soupape " Regulex " brevetée de manière qu'après un certain nombre de périodes de mélange dans un réservoir, le courant d'air soit automatiquement dirigé sur un autre réservoir. On peut, si cela est nécessaire, sauter un réservoir. Du réservoir de mélange la pâte épaisse coule jusqu'à un compresseur double qui la refoule dans des silos situés au dessus du four rotatif.

L'installation du four rotatif consiste en un four Solo de 69 m. de long et de 2 m. 75 ou 3 m. 65 de diamètre et produit environ 200 tonnes de clinker par jour. La caractéristique principale du four Solo est que la pâte est non seulement séchée, cuite et clinkérisée dans un seul appareil, mais que le clinker y est aussi refroidi. La zone de clinkérisation élargie donne une marge pour la marche régulière et continue de la cuisson. Comme le refroidissement du clinker s'effectue dans une zone de refroidissement faisant corps avec le four lui-même, on peut construire toute l'installation au niveau du sol. On évite ainsi les escaliers et les plateformes, et le bâtiment du four Solo peut être facilement surveillé. L'enveloppe du four avec ses bandages repose sur six paires de rouleaux placés dans des paliers à refroidissement par l'eau munis d'un graissage automatique auto-alimentateur. Le four est entraîné par un moteur réglable accouplé directement avec la commande élastique brevetée " Pol " qui assure une marche sure et satisfaisante. Des dispositifs spéciaux assurent le réchauffement préliminaire de l'air nécessaire à la combustion et le transport de chaleur

du clinker à l'air. Le combustible employé dans le four Solo est de l'huile injectée dans le four en un jet réglable. La présence d'instruments variés de mesure et de contrôle tels que des régulateurs d'air, pyromètre, contrôleur des gaz, etc. permettent la surveillance exacte de la marche de la cuisson.

Des convoyeurs à secousses et des élévateurs font passer le clinker du four dans le dépôt à clinker. Après passage dans des bascules automatiques, le clinker continue son chemin jusqu'a deux convoyeurs " Pol " parcourant le dépôt. On peut en retirer le clinker en un certain nombre de points. Le sol du dépôt contient dix-sept dispositifs de vidange par lesquels le clinker sort du dépôt et passe sur deux convoyeurs souterrains. Un élévateur vertical monte alors le clinker dans des silos situés au-dessus des moulins à ciment. De là, le clinker, additionné d'une quantité convenable de gypse passe dans un broyeur Solo à trois compartiments de 2 m. de diamètre et de 12 m. 20 de long. Des pompes pneumatiques envoient le ciment au dépôt de ciment, qui se compose de dix réservoirs en béton. Un certain nombre de convoyeurs à crible et d'élévateurs permettent le mélange, et le remplissage des réservoirs du dépôt. Une bascule permet de contrôler la quantité se rendant au dépôt. Il existe aussi une installation automatique d'ensachage et de mise en barils.

Une installation collectrice de poussière de grandes dimensions assure à toute l'installation une marche pratiquement sans poussière. L'usine possède une voie de garage à laquelle ont été adaptés le transport du combustible, du gypse et des autres matières nécessaires aussi bien que l'expédition du ciment. Actuellement, des travaux d'agrandissement sont en cours, qui doivent doubler la production actuelle. L'installation mécanique de cette usine a été fournie par la G. Polysius A-G, de Dessau, qui fut également chargée des dispositions et du tracé de l'ensemble.

La Fig. 1 (voir page 85) est une vue générale de l'usine; la Fig. 2 (voir page 86) représente un concasseur à matière cru; la Fig. 3 (voir page 87) représente un moulin Solo à trois compartiments pour le broyage de la matière cru; la Fig. 4 (voir page 88) représente un four Solo.

Nouvelles usines à ciment en Europe.

Nous donnons quelques illustrations d'usines à ciment modernes, réalisées dernièrement en Europe par Fellner & Ziegler. La Fig. 1 (voir page 90) est une vue générale de la grande installation moderne de la Königshofer Zementfabrik, à Königshof, Tchécoslovaquie. Les fours, au nombre de trois, ont une zone de clinkérisation élargie; deux de ces fours sont représentés sur la Fig. 2 (voir page 90). Les moulins broyeurs à trois compartiments ont 13 m. de long et 2,20 mètres de diamètre (Fig. 3, voir page 91). Les moulins à plusieurs compartiments, sont entraînés centralement par un mécanisme de réduction spécial, indiqué sur la Fig. 4 (voir page 91).

La Fig. 5 (voir page 92) montre une des plus récentes installations en Rhénanie. Les fours ont 50 mètres de long et 3 mètres de diamètre; ils ont une zone de clinkérisation élargie.

La Fig. 6 (voir page 92) représente le plan d'un installation, actuellement en cours de construction, utilisant le procédé par voie humide. Le hangar d'emmagasinage, de 100 mètres de long environ sera utilisé pour l'emmagasinage du clinker, du charbon et du gypse; il est desservi par des grues mobiles à bennes s'ouvrant en deux. Les embouchures des moulins broyeurs sont remplies directement par les grues.

BAND 3. NUMMER 1. JANUAR 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
DIE INTERNATIONALE ZEMENTZEITSCHRIFT IN VIER SPRACHEN.

DEUTSCHER TEIL

VERLEGT BEI CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Erscheint am 20 jeden Monats. Preis 2 Shilling das Heft. Postfreier Jahresbezug 24 Shilling.

INTERNATIONAL
"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE."

DURCH die Herausgabe von "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE" in vier Sprachen, in welcher Form die Zeitschrift in Zukunft monatlich erscheinen wird, besitzen die Zementfabrikanten der ganzen Welt einen Mittelpunkt zum Austausch von Informationen, den keine andere Industrie in irgend einem Lande besitzt.

Der Entschluss, die Zeitschrift in vier Sprachen herauszugeben, wurde deswegen gefasst, weil die Besitzer der Zeitschrift der Meinung sind, dass solch eine internationale Zeitschrift wirklich für das Gedeihen der Zementindustrie in der Welt notwendig ist. In vielen Ländern wird wertvolle Forschungsarbeit geleistet; neue Ideen werden bei dem Herstellungsverfahren ausprobiert; neue Maschinentypen und arbeitsparende Anwendungen sind zur Ausführung gelangt. Jedes Zement fabrizierende Land kann etwas von anderen Ländern lernen. Bis heute ist die Kenntnis von derartigen Verbesserungen in der Sprache derjenigen veröffentlicht worden, die für die Forschungsarbeiten und Verbesserungen verantwortlich waren, und sie waren den Fabrikanten in anderen Ländern, welche eine verschiedene Sprache sprechen, nicht zugänglich.

Die Absicht von "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE" besteht darin, die Ansichten der ersten Autoritäten der ganzen Welt über

die Herstellung und die Prüfung von Zement in den Sprachen der führenden, Zement erzeugenden Länder zu bringen. Auf diese Weise werden wertvolle Informationen in der ganzen Welt zugänglich, unabhängig von dem Lande, aus dem sie gekommen sind, und überdies werden sie in vier Sprachen zugänglich gemacht. Es soll ausgesprochen werden, dass die Zementindustrie tatsächlich eine internationale ist, nicht nur weil die meisten, Zement erzeugenden Länder ihr Fabrikat nach anderen Ländern ausführen, sondern auch deswegen, weil die Hersteller von Zementfabriken und Prüfapparaten einen, den Erdball umspannenden Handel betreiben.

Wir haben in dieser Ausgabe den Vorzug, Artikel von einer beträchtlichen Zahl von ersten Autoritäten über Zement in Europa, den Vereinigten Staaten und anderen Ländern zu veröffentlichen. Wir hoffen, dass andere Autoritäten sowie jüngere Chemiker und Ingenieure ebenfalls interessierende Ansichten, welche sie zu veröffentlichen wünschen oder Artikel oder Notizen über neue Entwicklungen, die von Nutzen für die Fachgenossen in der ganzen Welt sein mögen, uns einsenden werden. Für solche Beiträge wird gutes Honorar gezahlt werden. Auf diese Weise wird die Zementindustrie der ganzen Welt zusammengekittet werden durch ein gemeinsames Band des guten Willens ; Fachgenossen in dem einen Lande werden mit Fachgenossen in dem anderen Lande bekannt werden ; die Fortschritte der Industrie werden durch den Meinungs - und Erfahrungsaustausch gefördert werden ; und ein gegenseitiger guter Wille und ein gegenseitiges Vertrauen wird hergestellt, welche viel dazu beitragen werden, den Frieden in der Welt zu erhalten.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Bezugspreise.

Auf Grund der sehr stark vermehrten Herstellungkosten von „Cement and Cement Manufacture" in seiner neuen Form, ist es notwendig gewesen, den Preis auf 2 Shilling für jedes Heft zu erhöhen. Der jährliche, in der ganzen Welt postfreie Bezugspreis beträgt 24 Shilling. Augenblickliche Bezieher, welche auf Grund unserer früheren Subskriptionsliste im Voraus bezahlt heben, werden so lange die Hefte zum alten Preise weiter erhalten, bis ihr gegenwärtiges Abonnement abläuft.

Der jährliche Bezugspreis ist an „Cement and Cement Manufacture," London, S.W.1, Dartmouth Street 20, England einzusenden, worauf die Hefte regelmässig monatlich für die Dauer des Bezugs zugestellt werden.

Eine Zuschrift von Henry Le Chatelier.

„In meinem Alter besitzt man das Recht, etwas auszuruhen. Die jungen Ingenieure und Chemiker von heute sollten es als ihre Pflicht ansehen, Forschungsarbeit zu leisten und die Ergebnisse der ganzen Welt derart bekannt zu geben, wie ich es zu meiner Zeit getan habe."

Wir freuen uns besonders, dass wir anlässlich der Ausgabe der ersten Nummer der ersten internationalen Zementzeitschrift die obige, ermutigende Zuschrift des energischsten wissenschaftlichen Pioniers, den die Welt je gesehen hat, bekannt geben können.

Henry Le Chatelier stammt aus einer wegen ihrer wissenschaftlichen Talente gut bekannten Familie. Seine eigene Laufbahn ist eine von Arbeit und Opfern gewesen und verdientermassen sind ihm Ehrungen erwiesen worden.

Im jugendlichen Alter von 27 Jahren wurde er 1877 zum Professor der chemischen Industrie an der Pariser Bergakademie ernannt, nachdem er bereits vorher sechs Jahre auf dem Polytechnikum mit Forschungsarbeiten verbracht und bei einer geologischen Kommission in Südalgier gearbeitet hatte.

1888 wurde er zum Professor am „Collège de France" ernannt, worauf eine Periode intensiver Tätigkeit begann. Er hatte bereits eine Abhandlung über Industrieheizungen veröffentlicht und fand alsdann Zeit eine Arbeit über „Kohlenstoff, Kieselsäure und Silikate" zu schreiben. Seine Arbeiten zu dieser Zeit sind indessen noch bemerkenswerter hinsichtlich seiner glänzenden Erfindungen. Das Saladin-Le Chatelier Galvanometer ist den meisten Chemikern vertraut, während seine thermo-elektrischen und optischen Pyrometer für das Messen hoher Temperaturen unentbehrlich sind.

Le Chatelier hat jedoch nicht nur mit pyrometrischen Untersuchungen der Zementindustrie Dienste geleistet. Seine Apparatur zur Bestimmung der Raumbeständigkeit von Zement und zur Berechnung des spezifischen Gewichtes sind noch heute in der ganzen Welt in ständigem Gebrauche, während seine Theorien über die vorwiegend chemische Struktur von Portlandzement bemerkenswert wegen ihrer Originalität sind und noch immer den Gegenstand von Diskussionen unter den Zementforschern bilden.

1892 erhielt Le Chatelier den Jerome Ponti-Preis und 1895 den La Caze-Preis, während er 1911 die Bessemer Medaille erhielt. Das Eisen und Stahl-Institut (England) ernannte ihn 1904 zu seinem Mitgliede, worauf 1908 die Akademie der Wissenschaften folgte.

Die Dienste, welche er während des Weltkrieges durch seine Untersuchungen über Explosivstoffe und Metalle leistete, waren sehr beträchtliche und heute trägt er das Band eines Kommandeurs der Ehrenlegion.

Der Triumph seiner Laufbahn stellte sich 1922 ein, als seine fünfzigjährige wissenschaftliche Arbeit durch die Verleihung einer goldenen Plakette und einer Schenkung von 100,000 Franken anerkannt wurde. Der Geldpreis wurde auf seinen Wunsch der Akademie der Wissenschaften zum Zwecke der Gründung eines Stipendiums übergeben.

Henry Le Chatelier hat heute im achtzigsten Lebensjahre in grossem Umfange seine intensive Tätigkeit einstellen müssen. Für die jüngere Generation der Zementingenieure und-Chemiker ist Le Chatelier ein Beispiel dafür, wieviel Nutzen ein Mann einer bedeutenden Industrie bringen kann. Es ist zu hoffen, dass sie sich die oben wiedergegebene Zuschrift zu Herzen nimmt: die Spalten der internationalen Zeitschrift „Cement and Cement Manufacture" stehen ihr offen, um die Ergebnisse ihrer Forschungen in der ganzen Welt den Fachgenossen zugänglich zu machen.

Eine Zuschrift von P. Malcolm Stewart.

Vorsitzender der English Cement Makers' Federation, der Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., und der British Portland Cement Manufacturers, Ltd.

Ich begrüsse diese erste internationale Zementzeitschrift aufrichtig, da ich der Ueberzeugung bin, dass sie das Mittel ist, das weltumspannende Interesse an Portlandzement zu fördern, und dass sie sich als Prüfstein für die Schaffung einer freundschaftlichen Atmosphäre in der Zementindustrie der ganzen Welt, der dazu dienen kann, die vielfältigen mit der Herstellung und dem Verbrauch von Portlandzement verknüpften Probleme zu diskutieren, erweisen wird.

Die Herausgeber von Cement and Cement Manufacture haben ein schwieriges Werk in Angriff genommen, als sie eine technische Zeitschrift dieser Art in vier Sprachen herausgaben; sie sind zu ihrem Unternehmen zu beglückwünschen. Der Wert der Zeitschrift kann überhaupt nicht ermessen werden. Schon diese erste Nummer enthält in englischer, französischer, deutscher und spanischer Sprache die Ansichten führender Autoritäten der ganzen Welt über Gegenstände von ungemein wichtigem Interesse so, dass die Leser in allen führenden, Zement fabrizierenden Ländern aus dieser wertvollen Informationsquelle, die in ihrer eigenen Sprache gedruckt ist, Nutzen ziehen können. Dadurch besitzt die Zementindustrie jetzt ein Aktivum, das keiner anderen Industrie eigen ist. Sie verfügt über ein Hilfsmittel zum Meinungsaustausch in verschiedenen Sprachen, und man wird hoffen dürfen, dass die Forscher aus den Seiten dieser Zeitschrift vollen Nutzen ziehen werden, um die Informationen an ihre Hilfsarbeiter in der ganzen Welt weiter zu verbreiten.

Die Zukunft der Portlandzement-Industrie ist gesichert infolge der weiten Verbreitung der notwendigen Rohstoffe wie durch den hohen technischen Standard derjenigen Kreise, welche sich mit der Forschung und der Kontrolle des Fabrikationsbetriebes befassen. Es ist nötig, sich in vermehrtem Umfange auf die Anwendungsgebiete des Zements zu konzentrieren; in dem Masse, wie sich die vielfältigen Anwendungsgebiete für Zement erweitern, wird das Vertrauen zum Beton wachsen. Indem diese Zeitschrift die allgemeinen Grundlagen unseres Wissens vermehrt, wird sie den Vormarsch des Betons als den eines Mittels der Zivilisation sichern und das Herannahem eines Beton-Zeitalters beschleunigen.

Ich bin überzeugt, dass diese erste Nummer nicht nur als eine Einladung zur Zusammenarbeit an unserem gemeinsamen Interesse aufgefasst wird, sondern auch als eine Botschaft des Friedens und des guten Willens, den die Zementindustriellen herbeizuführen bemüht sein sollten, um durch die Seiten der Zeitschrift Cement and Cement Manufacture in gegenseitigen Kontakt zu gelangen.

Eine Zuschrift von Robert W. Lesley.

Erstem Vorsitzenden der American Portland Cement Association.

Wenn ich wegen starker geschäftlicher Inanspruchnahme nicht so wenig verfügbare Zeit hätte, bis die erste Ausgabe der internationalen Zeitschrift „Cement and Cement Manufacture" erscheint, so würde es mir ein grosses Vergnügen gewesen sein, Ihnen heute einen Beitrag zu senden. Dieses ist jedoch unmöglich.

Ich kann daher nur meine aufrichtigen Glückwünsche zu dem ausgezeichneten Gedanken der Herausgabe einer internationalen Zementzeitschrift und meine von Herzen kommenden Wünsche für deren Erfolg aussprechen.

In diesen Tagen, wo sich die Meinungen schnell wandeln, passt ein plastischer Baustoff wie Zement in die Zeit, und er besitzt einen wohl verdienten Ruf wegen seiner Festigkeit und seiner Dauerhaftigkeit.

Ich habe als Pionier zusammen mit Saylor unsere amerikanische Zementindustrie sich von einer Erzeugung mit 42,000 Fass im Jahre 1880 zu einer solchen von 176 Millionen Fass in Jahre 1928 entwickeln sehen, und ich verspreche Ihnen eine Abhandlung über diesen Gegenstand für eine spätere Nummer der Zeitschrift.

Eine Zuschrift von G. F. Earle.

(Betriebsdirektor der G. & T. Earle, Ltd.)

Es sind noch nicht viele Jahre vergangen, dass die Zementhersteller ebenso wie die Fabrikanten in vielen anderen Branchen ängstlich zu verhindern bemüht waren, dass irgend etwas von ihnen Werken bekannt wurde, wobei es eine sehr seltene Angelegenheit darstellte, wenn einem anderen Fabrikanten die Erlaubnis zu einen Rundgang durch die Fabrik erteilt wurde. Diese engherzigen Zeiten sind jetzt glücklicherweise nur noch eine historische Erinnerung, und die gegenwärtige Auffassung besteht darin, dass, obwohl die Fabrikanten sich in einem scharfen Konkurrenzkampf auf den Absatzgebieten befinden, sie alles tun, um einem jüngeren Fabrikanten in Betriebsangelegenheiten zu helfen.

Der Grund für diesen Wechsel der Auffassung ist unzweifelhaft in der Erkenntnis zu suchen, dass jeder Fabrikant für die gesamte Industrie als solche eine Verantwortung trägt. Das ehemalige Verhalten eines Fabrikanten, nach dem er sich zu hören freute, dass ein anderer Fabrikant mit Schwierigkeiten hinsichtlich der Güte des Erzeugnisses zu tun hatte, gibt es nicht mehr; solche Dinge werden mit Bedauern vernommen, weil man sich darüber klar ist, dass unter ihnen das gesamte Geschäft als solches leiden würde.

Der Austausch von Betriebserfahrungen mit den Fabrikanten in anderen Ländern ist ebenfalls zahlreich und sehr nützlich geworden. Es besteht indessen noch Spielraum für engere Zusammenarbeit, und ich glaube, dass diese erste internationale Zementzeitschrift dazu beitragen wird, alle Fabrikanten einander zu nähern und so das Geschäft in der ganzen Welt wie auch den einzelnen Fabrikanten zu fördern.

Ich bin überzeugt, dass Ihr neues Unternehmen von allen Fabrikanten begrüsst und deren volle Unterstützung finden wird; wenn meine Gesellschaft dieses Ziel in irgend einer Weise unterstützen kann, so würde dieses für sie ein Vergnügen sein.

Die Swanscombe-Werke der Associated Portland Cement Manufacturers Ltd.

Einige der ersten in europäischen Zementwerken zur Aufstellung gelangten Drehöfen befanden sich auf den Swanscombe-Werken der Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., indem 16 18.29 m lange Oefen sich in Montage befanden, als 1900. Diese Oefen wurden später auf 39.6 m verlängert und weitere Aenderungen sowie Verbesserungen wurden von Zeit zu Zeit in dem Masse vorgenommen, wie sich die Technik der Verwendung dieser entwickelte. Eine Generalansicht der neuen Fabrik zeigt Abb. 1 (siehe Seite 6).

Im Zusammenhang mit den schnellen Fortschritten, die im Laufe der letzen Jahre hinsichtlich Drehofenkonstruktionen gemacht wurden, wurde es klar, dass die Swanscombe-Werke mit ihren zahlreichen Veränderungen und Anbauten ihre Dienste geleistet hatten. Es wurde daher beschlossen, sie völlig zum alten Eisen zu werfen und neue Drehöfen modernster Bauart aufzustellen sowie gleichzeitig das ganze Werk so umzubauen, dass dieses eine jährliche Kapazität von circa 400,000 t Zement höchster Güte, einschliesslich des wohl bekannten hochwertigen " Ferrocrete "-Portlandzements, erhielt.

Bei diesem Umbau bestand eine Schwierigkeit in der Tatsache, dass der vorhandene Platz sehr beschränkt war und die Werke im Betrieb gehalten werden mussten. Eine beträchtliche Anzahl von Hindernissen war zu beseitigen, und die Notwendigkeit weitergehender Fabrikation schloss Verzögerungen und gelegentliche Nothilfsmittel ein, sollte die Stillegung wesentlicher Teile der Fabrik vermieden werden. Die Arbeit wurde jedoch durch die Tatsache erleichtert, dass keine Kraftanlage erforderlich war, da die notwendige elektrische Kraft von der Barking-Kraftstation der Gesellschaft für die Grafschaft London entnommen wird.

Rohmaterialien.

Umfangreiche Kreide- und Tonlager sind vorhanden, welche die erwähnte fabrikatorische Leistung für sehr viele Jahre sicher stellen. Wenn wir zuerst mit dem Ton beginnen, so ist festzustellen, dass ein Vorkommen in 1.6 km Entfernung von der Fabrik zur Zeit abgebaut wird. Dieser Ton wird in einer Grube gewaschen, in Form von Schlamm nach den Werken gepumpt und dort in die Lager- und Mischtanks entleert. Der Tonschlamm wird den Hauptwaschmühlen im richtigen Verhältnis mittels eines grossen, 18.29 m. hohen Elevators, der ein 76.2 cm breites Förderband aus Gummi besitzt und mit zwei Reihen von Bechern ausgestattet ist, zugeführt. Der diesen Elevator treibende Motor wird durch eine besondere, richtig angeordnete Vorrichtung derart kontrolliert, dass, wenn der Arbeiter an der Waschmühle auf einen Knopf drückt, um den Kippheber für die Kreide, auf den nachher eingegangen wird, in Bewegung zu setzen, auch der Tonelevator in Gang gesetzt und in die Lage versetzt wird, eine vorbestimmte Zeitspanne zu laufen, nach welcher

er automatisch anhält und so lange in Ruhe bleibt, bis der Arbeiter erneut auf den Knopf drückt. Selbstverständlich sind Vorrichtungen getroffen, dass in Bedarfsfalle unabhängig von dem Gang des Kreidekippers Ton zugesetzt werden kann, und in ähnlicher Weise kann der Kippheber notfalls bedient werden ohne dass Ton gleichzeitig zugesetzt wird. Abb. 2 (siehe Seite 7) zeigt einen, Kreide fördernden Löffelbagger.

Waschmühlen.

Die Kreide wurde bisher in 3 t fassenden Kippwagen nach der Waschmühle transportiert, die auf 91.44 cm breiter Aussenspur liefen; es wurde beschlossen, an ihrer Stelle Normalwagen und- Spur einzuführen und Vorrichtungen zu treffen, um gleichzeitig 10 bis 12 t Kreide direkt in die Waschmühlen zu kippen, sowie um wenigstens 120 t Kreide in der Stunde waschen zu können.

Zwei mächtige Vorwaschmühlen besitzen einen Durchmesser von je 9.14 m bei einer Tourenzahl von 11 in der Minute; sie werden von einem 250 PS starken Motor durch ein vollkommen eingekapseltes, geradzahniges Reduktionsgetriebe, das die Geschwindigkeit der Hauptwelle von 730 Touren auf 95 in der Minute mindert, getrieben. Diese Rohmühlen sind jede mit schweren Gussstahl-Gretings ausgerüstet und so auf Pfeilern errichtet, dass nach dem Auswaschen die Kieselsteine direkt in Eisenbahnwaggons durch ein Loch im Boden der Mühle herausgeschwämmt werden können. Eine der Mühlen genügt für die volle Leistung der Fabrik so, dass die andere zum Zwecke der Reinigung und von Reparaturen stilliegen kann. Auf Grund der Raumverhältnisse war es unmöglich, die Kreidewagen in diese Mühlen zu kippen, ohne sie erst hoch zu heben und zu diesem Zwecke wurde ein Kippheber eingebaut. Der Kipper hebt den Wagen 7.01 m hoch und ist so eingerichtet, dass er durch eine schwere stählerne und umsteuerbare Klappe an jede Mühle Material liefern kann.

Der Schlamm fliesst dank seiner eigenen Schwere nach einer der beiden Zwischenmühlen, von denen ein Schlammrad den Schlamm gleichmässig auf die Endmühlen verteilt. Das Schlammrad besitzt einen Durchmesser von 7.32 m und ist mit zwei Reihen von Bechern ausgerüstet, damit es die gesamte Leistung der Mühle bewältigen kann. Beide Mühlenreihen bestehen aus je einer, 6.10 m Durchmesser besitzenden Zwischenmühle, die 23 Touren in der Minute macht und mit durchlochten Rührplatten versehen ist, auf welche nach dem Elevator je drei, 6.10 m Durchmesser besitzende Endmühlen folgen, die $25\frac{1}{2}$ Touren in der Minute machen und mit enger gelochten Rührplatten versehen sind. Es sind Vorrichtungen getroffen, um kontinuierlich den feinen Gries-Kies aus der Zwischen- und den Endmühlen in Transportschnecken abzusondern, zu heben und zu waschen.

Jede Mühlenreihe wird von einem 400 PS starken Motor durch ein vollkommen gekapseltes, geradzahniges Reduktionsgetriebe, das die Tourenzahl im Verhältnis von 485 zu 70 in der Minute mindert, getrieben. Jede Reihe besitzt ihr eigenes Pumpenhaus, das drei Sätze von Plungerpumpen von 30.48 × 38.10 cm enthält, die direkt durch ein Reduktions-Schneckengetriebe mit einem 20 PS starken Motor gekuppelt sind; die Geschwindigkeit der

Pumpen beträgt 9.5 Umdrehungen in der Minute. Die Pumpen arbeiten mit einem Druck von 4.22 bis 5.63 kg/qcm und geben den Schlamm an vier luftgerührte Korrektionstanks aus Eisenbeton, die jeder 5.18 m Durchmesser und 9.14 m Höhe bei einem Fassungsvermögen von je 170 cbm Schlamm besitzen, weiter. Ein System des Einblasens von Luft ist vorgesehen, und, wenn im Betriebe, so dauert, entsprechend den vorgesehenen Plänen, der Gang eines vollkommenen Kreisprozesses etwa $2\frac{1}{2}$ Stunden so, dass unter dieser Vorraussetzung jeder Tank etwas über eine halbe Stunde gemischt wird, während welcher Zeit er hintereinander sechsmal durchgeblasen wird, wobei jedes Lufteinblasen etwa 15 Sekunden dauert. Bei diesem Blassystem ist die Grösse des Luftbehälters wichtig, da dieser bei jedem Blasen geleert wird, und der Druck, unter welchem das Blasen erfolgt, wird durch die Höhe des Schlamms im Tank bestimmt.

Diese Vorrichtung ist vorteilhaft, wenn die Tanks für Lagerzwecke verwendet werden; in Swanscombe werden sie jedoch nur für Korrektionszwecke gebraucht und um sicher zu gehen, dass der Schlamm richtig dosiert ist, bevor er in die Hauptmischer gelangt. Es hat sich daher als nützlich herausgestellt, jeden Tank, nachdem er von der Waschmühle her gefüllt ist, vier-oder fünfmal durchzublasen, um gleichmässige Mischung sicher zu stellen, bevor der Schlamm in die Lagermischbehälter gelangt. Diese bestehen aus einem viereckigen Tank von 76.19 × 20.12 m Grösse mit mechanisch arbeitenden Rührern und vier runden Tanks von 20.12 m Durchmesser; diese letzteren waren bei der ursprünglichen Installierung auch mit Normalrührern nach dem Luftrührung eingeführt. Diese Vorrichtung hat volle Befriedigung gewährt.

Die Pumpenhäuser für die Mischer sind erneuert worden und die Pumpen in zwei getrennten Häusern gruppiert, von denen die eine Gruppe aus dem viereckigen Mischer und die andere aus den runden Mischern abzieht. Jedes Pumpenhaus enthält drei direkt, durch Schneckengetriebe mit 10 PS starken Motoren gekuppelte Normalpumpen von 30.48 × 38.10 cm Grösse, die direkt nach dem Ofenende pumpen. Abb. 3 (siehe Seite 8) zeigt eine Generalansicht der Waschmühlen.

Drehöfen.

Die, drei an Zahl, vorhandenen Drehöfen besitzen eine Leistungsfähigkeit von 16 t in der Stunde. Sie sind 112 m lang; die Sinterzone besitzt einen Durchmesser von 3.43 m und eine Länge von 38.71 m, während der übrige Teil des Ofens einen Durchmesser von 2.84 m hat. Jeder Ofen ist auf sieben Sätzen von Laufringen und Rollagern gelagert; der Laufring am Befeuerungsende ist 61.74 cm breit, die anderen sind 39.4 cm breit; sie sind sämtlich 15.24 cm stark. Die Rollenlager schwanken im Durchmesser von 99.1 bis 119.4 cm.

Die Hauptantriebsfelge misst im Durchmesser 5.41 m und die Zahnräder mit einem 19 Zähne besitzenden, kleinerem Zahnrad sind mit einem weiteren geradzahnigen Getriebe im Verhältnis von 3.3 zu 1 gekuppelt. Der Rest des Reduktionsgetriebes wird durch ein völlig eingekapseltes Zahnrad bewirkt, das an dem mit schneller Tourenzahl laufenden Ende direkt mit einem

120 PS starken A.C.-Motor gekuppelt ist. Das Gesamtverhältnis der Geschwindigkeitsreduktion beträgt 1 zu 772.25 und ermöglicht, dem Ofen eine Geschwindigkeit zwischen 0.28 und 0.84 Umdrehungen in der Minute zu erteilen.

Die Zufuhr des Schlamms wird durch ein „Löffelzufuhr"-Zahnrad kontrolliert, das durch völlig eingekapseltes Schneckengetriebe mit einem 5 PS starken Motor von variabler Geschwindigkeit gekuppelt ist.

Die Kühler sind von der Art der mit dem Ofen ganz verbundenen und um das Befeuerungsende montiert; sie bestehen aus 12 Rohren je Ofen und sind jeder 5.94 m lang und besitzen einen Durchmesser von 1.19 m. Ein Viertel der Länge jedes Kühlers ist am heissen Ende mit feuerfesten Steinen ausgefüttert, während der Rest mit Ketten versehen ist.

Alle drei Oefen sind durch Ventilatoren und Nebengasleitungen mit einem Schornstein aus Eisenbeton, der 76.19 m hoch ist. Die Saugzugventilatoren, jeder mit einem Hydrometer von 7.62 cm, sind imstande 1.7 Millionen cbm Gas zu bewältigen. Abb. 4 (siehe Seite 10) zeigt die Oefen vom Beschickungsende; Abb. 5 (siehe Seite 10) zeigt die Oefen vom Befeuerungsende.

Vorrichtungen zur Kohlenfeuerung.

Einheitliche Kohlenmahlvorrichtungen vom Typ der Ringwalzenmühle sind zur Aufstellung gelangt, von denen jede in der Lage ist, bis zu 6 t Kohle in der Stunde zu mahlen. Wegen der sehr hohen Saugwirkung, welche das System der Klasseneinteilung verlangt, in Verbindung mit der hohen Luftgeschwindigkeit, die im Brennrohr bei dieser Art von Oefen und Kühlern im Brennrohr nötig ist, ist das für diesen Zweck eingebaute Gebläse von besonderer Konstruktion. Ausser dem Hauptgebläse, das einen Luftdruck von 25.4 cm im Düsenrohr erzeugen kann, ist ein Zusatzgebläse vorgesehen.

Die Zufuhr von den Trichterbehältern, die jeder ein Fassungsvermögen von 90 t besitzen, erfolgt durch einen kubischen Messapparat, mit dem ein magnetischer Trommelscheider verbunden ist, um die Entfernung aller Eisenteile sicher zu stellen.

Die meiste Kohle kommt auf dem Wasserwege nach der Werft, wo zum Bewegen dieser ein 5 t starker, elektrischer Kran Aufstellung gefunden hat, der in der Lage ist, Kohle aus den Dampfern mit 100 t stündlich auf einen Behälter zu entladen, der auf Laufrädern montiert ist und seinerseits die Kohle einer Zweiseil-Drahtseilbahn weitergibt, die ebenfalls 100 t stündlich leisten kann. Diese Drahtseilbahn ist 1007 m lang und schafft die Kohle entweder in Stahlbunker, die oberhalb der Mühlen liegen oder auf ein Reservelager zu ebener Erde.

Um die Kohle von dem Reservelager zu den hochgelegenen Behältern zu schaffen, ist ein $3\frac{1}{2}$ t fassender Laufkran mit einem Greifer von 1.78 t Fassungsvermögen aufgestellt, der über die ganze Länge des Lagers und auch über die Behälter für Mahlgut laufen kann. Die Bahn dieses Kranes ist auch so ausgedehnt worden, dass die Kohle direkt aus Eisenbahnwaggons entladen und zu den Behältern geschafft werden kann. Die Seilbahn kann

auch vorteilhaft dazu benutzt werden, um Gips zu lagern. Es sind weiter Vorrichtungen getroffen worden, den Gips direkt am Ende der Klinkerförderbänder aufzugeben.

Die aus den Kühlern kommenden Klinker werden mit Elevatoren gehoben und nach den Klinkerbehältern mittels Förderrinnen geschafft. Diese Förderrinnen sind durchweg in doppelter Ausführung vorhanden und legen bei einer Breite von 61 cm in der Minute 76.2 m zurück. Sie bestehen zunächst aus einem Paar eben unter den Kühlern laufender Förderrinnen, die das Material an zwei Paar geneigter Bändel regelmässig weitergeben, welche ihrerseits dieses auf die Höhe der Klinkerbehälter befördern und dann durch kubisch gebaute Messapparate einem Paar von Schüttelförderern, die je 35 m lang sind, übergeben, durch die jeder Teil der Klinkerbehälter gefüllt werden kann. Diese Vorrichtung macht vollkommen unabhängig von Elevatoren, um die Klinker zu transportieren. Die aus Eisenbeton hergestellten Klinkerbehälter, zwei an Zahl, haben jeder ein Fassungsvermögen von 1400 t. Die Behälter befinden sich in solcher Höhe, dass der Klinker direkt durch Telleraufgaben den Kugelmühlen zugeführt werden kann. Die Mahlmaschinerie besteht aus 14 Sätzen von Kugel-und Rohrmühlen; die Kugelmühlen sind durch eine Stahl-und Betonplattform in solchem Neigungswinkel gelagert, dass der Gries durch eine kurze Schnecke sofort den Rohrmühlen aufgegeben werden kann. Jede Kugel-und Rohrmühle bilden eine unabhängige Einheit, die von einem 250 PS starken Motor mit völlig eingekapseltem Zahnradreduktionsgetriebe getrieben wird. Der Felgenkranz um die Mühle besteht auch aus geschnittenen Zahnrädern und ist völlig eingekapselt. Die sämtlichen Motore und Zahnradübersetzungen für diese Mühlen sind in separaten Räumen aufgestellt unterhalb der Klinkerbehälter. Die Motorenräume werden durch Luftwascher nach dem System des „ erfüllten Raumes " ventiliert und gekühlt. Die Mühlen geben das Material an doppelte 45.72 cm breite Schneckenförderer, die in gleicher Höhe wie der Fussboden sich befinden, ab, die ihrerseits es zu einer Gruppe von vier Elevatoren im Mittelpunkt des Gebäudes fördern. Jeder dieser Elevatoren vermag die volle Leistung der Mühle, nämlich 100 t in der Stunde zu übernehmen.

Die Kugelmühlen sind zuerst nach dem geschlossenen Raum über den Klinkerbehältern hin, um auf diese Weise den Hauptteil des Staubes niederzuschlagen, und dann nach der Atmosphäre zu ventiliert. Die Rohrmühlen und alle Zementfördermittel sind durch die Kombination von zwei Zyklonen und Schlauchfiltern ventiliert. Das ganze, Rohre, Zyklone, Filter usw. einschliesssende System ist in Filz eingehüllt und hat bisher zur vollen Befriedigung gearbeitet.

Der Zement liegt in Lagerhäusern, die eine Fläche von 3455.9 qm bedecken und in der Lage sind 20000 t Zement aufzunehmen. Die in Verbindung mit den Mühlen erwähnten Elevatoren liefern den Zement an doppelte Bandförderer, die genau quer durch die Mitte des Lagerhauses verlaufen, ab und ihrerseits das Material an vier ähnliche Förderer über der Mitte der Behälter weitergeben. Von diesen Bändern werden die Behälter durch Abwurfvorrichtungen gefüllt.

Die Behälter, die 20.73 m lang sind, sind in zwei parallelen Reihen angeordnet mit einem Zwischenraum von 7.31 m in der Mitte, der am Boden eine Schnecke besitzt, die auf jeder Seite in gleicher Ebene mit den Boden und gerade frei von den Behältertüren liegt. Ein Satz von Geleisen läuft die Mitte des Zwischenraums hinunter, auf denen vier Sätze von elektrisch getriebenen Schlepp-Zahnrädern, jeder mit einem 20 PS starken Motor, sich bewegen können, um die Kratzertransporteure in Gang zu setzen, durch die die Behälter nach der Bodenschnecke zu entleert werden. Diese ihrerseits geben das Material weiter an ein System geneigter Förderbänder und Schneckentransporteure, die den Zement in die Trichterbehälter über den Packmaschinen befördern ab. Alle diese Fördermittel sind durch Reduktionsschneckengetriebe direkt mit Einzelmotoren gekuppelt.

Drei Geleise laufen gerade ausserhalb der Behälterwände parallel zum Lagerhaus, und die Packmaschinen sind zu jeder Seite dieser Geleise angeordnet, und zwar die Sackpackung auf der einen und die Fass-sowie Trommelpackung auf der anderen Seite.

Die Sackpackmaschinerie besteht aus vier Maschinen mit je zwei Füllöchern, die von einem darüber befindlichen, 50 t fassenden Trichterbehälter mittels einer Extraktionsschnecke und eines zirkulierenden Elevators gespeist werden, wodurch eine regelmässige Zufuhr zu diesen Maschinen sicher gestellt wird Die Packmaschinen sind mit Entstaubungsvorrichtungen versehen. Nachdem die Säcke von den Packmaschinen abgehängt sind, fallen sie auf einen kurzen Drahtgurtförderer, der sie seinerseits an eine, 5.18 m Durchmesser besitzende Drehscheibe weitergibt Diese Drehscheibe besitzt fünf Ladepunkte und die Säcke werden in Haufen von 1524 kg mit Seilschlingen aufgestapelt. Die Drehscheiben werden in Umdrehung gesetzt durch Motore mit Schneckengetriebe; die fünf Ladepunkte werden so nacheinander unter das Ende der Förderbänder gebracht, wodurch die Arbeit des Stapelns über den Schlingen auf ein Minimum reduziert wird. Weitere Drehung der Drehscheibe bringt die runden Stapel unter zwei elektrische, oberhalb befindliche Kräne von 1524 kg Traglast. Diese sind so angeordnet, dass sie die äusseren Hälften der Drehscheiben und auch das nächste Geleise bedienen, und die Sackstapel werden mit den vollständigen Schlingen direkt auf die Wagen gehoben. Die Wagen haben Normalformat mit besonderen flachen Plattformen und können bis zu 15 t Zement je Wagen transportieren.

Bei der Fass-und Trommelpackung ist die hervorstechendste Eigenschaft die Existenz von sechs Gruppen mechanisch arbeitender Rüttelmaschinen. Jedes Paar von Maschinen wird von einer Wägemaschine mit darüber befindlichem Zifferblatt gespeist. Die Plattform der Waage trägt einen kleinen Trichterbehälter von ungefähr 254 kg Fassungsvermögen mit einem Schieber am Boden. Die Zufuhr von Zement zu jeder Gruppe, die aus sechs Maschinen besteht, erfolgt von einem Trichterbehälter aus, unterhalb einer der vorher erwähnten Schneckentransporteure und wird durch ein Paar „ hin und zurück " gehender Schnecken kontrolliert, wobei jede Schnecke mit drei Auslässen und Schiebern versehen ist, die Material an die Trichterbehälter der Wiegemaschinen abgeben. Die Fässer oder Trommeln werden nach dem Packen durch Krane, die den für

die Säcke benutzten ähneln, hochgehoben und und auf Plattenwagen zum Transport nach der Werft geschafft. Abb. 6 (siehe Seite 12) zeigt eine Remamühle; Abb. 7 (siehe Seite 13) zeigt die eine Hälfte eines Klinkerbehälters; Abb. 8 (siehe Seite 13) zeigt die Motore für die Mühlen; die Abb. 9 und 10 (siehe Seite 14 und 16) zeigen die Rohr-und Kugelmühlen; Abb. 11 (siehe Seite 17) zeigt eine Drehscheibe der Batespackanlage.

Werft.

Die Werke liegen in einiger Entfernung vom Fluss und der geladene Zement wird nach der Werft in Zugladungen von ungefähr 200 t transportiert. Zwei elektrische Kräne, von denen jeder eine Leistungsfähigkeit von 1525 kg besitzt und von denen jeder in der Lage ist, die Beladung mit 80-100 t stündlich vorzunehmen, sind zur Aufstellung gelangt. Bei niedriger Tide ist die Wassertiefe 7.01 m. Die alte Kohlenwerft, die 152.1 m lang ist, ist ebenfalls erneuert und das Wasser vertieft worden, und, wie bereits vorher erwähnt, ist ein 5 t tragender elektrischer Kran aufgestellt worden, um die Kohle und den Gips zur Seilbahn zu bewegen.

Elektrische Ausrüstung.

Die gesamte in den Werken benötigte elektrische Kraft wird käuflich erworben. Die mit der Reorganisation verknüpfte Vergrösserung machte auch eine Erweiterung der Substation notwendig, um die jetzt insgesamt benötigten 5000 Kilowatt zu schaffen. Das System der Lieferfirma arbeitet mit 33000 Volt und die Reduktion auf 3000 Volt,— mit welcher Spannung der Strom entnommen wird —, erfolgt auf den Werken durch Transformatoren in der Unterstation der Kraftgesellschaft.

Die Einrichtungen des Werks beginnen bei der 3000 Kilowatt Schaltanlage, durch die die Zufuhr kontrolliert wird. Diese besteht aus einer aus acht Tafeln zusammengesetzten Schaltanlage, die aus luftisolierten fahrbaren Sicherungseinheiten errichtet ist. Diese Schaltanlage ist in einem Schaltraum untergebracht, der sich in der Nachbarschaft der Schaltanlage der Lieferfirma befindet, und sie ist so angeordnet, dass die Querbalken sich in einer Linie befinden, dass die Querbalken also für beide Schaltanlagen durchlaufend sind, während trotzdem jede in einem getrennten Raum untergebracht ist. Die Stromzufuhrtafeln in der Unterstation kontrollieren sieben, so mit einander verbunde radiale Zuführer, dass eine doppelte Zufuhr von 3000 Volt sechs örtlichen Unterstationen geliefert wird.

Die Leistungen der Motore schwanken von 400 PS bis $\frac{1}{2}$ PS und mit Ausnahme der 500 Volt, 120-140 PS Umschalter mit variabler Geschwindigkeit, welche die Ofenmotore treiben, werden 3000 Volt direkt für 100 PS-Motore und darüber benutzt und 500 Volt, die durch Transformieren von 3000 auf 500 Volt erhalten werden, für Motore unter der genannten Stärke. Die Beleuchtung wird mit 110 Volt-Dreiphasenstrom durch Transformation in jeder Unterstation bewirkt.

Jede der Unterstationen ist mit der nötigen Schaltanlage und Transformatoren ausgerüstet, um die Kraft-und Beleuchtungserfordernisse für jede Sektion zu liefern. Diese Art Anlage erlaubt es, dass jede Sektion von der

anderen so isoliert ist, dass sie diese nicht stört, und sie erleichtert die Feststellung des Kraftverbrauchs und der Unkosten jedes einzelnen Fabrikationsprozesses. Die Unterstationen sind nach gleichen Richtlinien entworfen und die Einrichtung ist in allen identisch. Die grösste ist die der Mahl-und Packanlage, die mit einer 3000 Volt Schaltanlage, einer 500 Volt gepanzerten Schalttafel des Auszieh-Typs und den notwendigen Transformatoren ausgerüstet ist. Der vorhandene Raum für die Lage dieser und weiterer Unterstationen war begrenzt, weshalb die Transformatoren auf dem Dach montiert sind, der ein Gebäude aus Eisenbeton darstellt und über der Mahlabteilung errichtet wurde.

Alle Motoren sind von dem Typ der gekapselten; die grossen Motore bis herunter zu 100 PS sind 3000 Volt-Schleifringmaschinen von normaler Bauart, deren Steuerung durch fahrbare Schaltzellen und langsam einrückende Flüssigkeitsanlasser erfolgt. Die unter 100 PS starken Motore sind Lagerschild-und Kugellagermaschinen, die in besondere Weise gekapselt sind und deren Ventilationsöffnungen sich auf der Vertikalen befinden, und die mit Ventilatoren ausgerüstet sind, welche kühlende Luft mit grosser Geschwindigkeit durch die Wicklungen und Kerne treiben; der Zweck des Kapselungs- und Ventilationssystems besteht darin, die Ablagerung von Staub in den Motoren aus einer mit Zementstaub gesättigten Luft zu verhindern. Die Motore von 100 PS bis herunter zu 30 PS Stärke sind vom Typ der Schleifringmaschinen, deren Steuerung durch ebenerdig montierte Oel-Standschalter mit getrennten, langsam wirkenden Rundzellenanlassern erfolgt, wobei der Oelschalter und der Anlasser zu einer Einheit vereinigt sind. 70 Prozent der 500 Volt Motore sind unter 30 PS stark und sind Hochdrehungs-Kurzschlussmaschinen, die durch Oelstarter vom Kurzschluss-oder direkten Schaltungstyp gesteuert werden. Die Hochdrehungs-Kurzschlussmotore wurden auf 30 PS begrenzt, wegen des hohen Verbrauchs an Strom beim Anlaufen, der Störungen der Kraftspannung einschliesst und die Schaltungskosten in unwirtschaftlicher Weise steigert.

Alle Motore und Getriebe sind von einfacher und kräftiger Bauart und auf ständigen Gebrauch eingestellt. Die Typen und Grössen der Kontrollgetriebe und die Geschwindigkeit und die Leistungen der Motore sind so weit wie möglich normiert worden und alle ähnlichen Ausrüstungsgegenstände sind mechanisch und elektrisch auswechselbar, wodurch Reserveteile auf ein Minimum reduziert sind.

Die endliche Verteilung an jeden 500 Volt-Motor wird getrennt auf einer Verteilertafel mit Sicherungen von 50000 Kilowatt-Ampère Schaltfähigkeit vorgenommen, die augenblickliche Stromkreisunterbrechung bei Kurzschluss gewährleisten. Die Sicherungen schützen in vollstem Masse den Steuerungsantrieb grosser Starkstromkreise und die Streifensicherungen erlauben eine sofortige wirksame Isolierung jedes Motoren-Stromkreises zwecks Revision oder Reparatur.

Die Drehöfen sind von F. L. Smidth & Co., Ltd.; Kabel von der Firma W. T. Henleys Telegraph Works Co., Ltd.; die Kohlenmahlanlage ist von der British Rema Manufacturing Co., Ltd.; die Seilbahn ist von der British Ropeway

Engineering Co., Ltd.; Ponton-Löffelbagger von Priestman Bros. Ltd.; der Wagen-Kippheber von der Mitchell Conveyor and Transporter Co., Ltd.; die elektrischen Krane sind von Stothert & Pitt, Ltd.; die Regulierventile sind von der G. Polysius A.G.; die Ventilatoren von der Firma Sturtevant Engineering Co., Ltd.; die Wägemaschinen von W. & T. Avery, Ltd.; die Lokomotiven von der Firma Hawthorn Leslie & Co., Ltd.; die elektrische Ausrüstung von der Metropolitan-Vickers Electrical Co., Ltd., und der English Electric Co., Ltd.; die Schaltanlage ist von der Firma A. Reyrolle & Co., Ltd.; die Zementkühler von Vickers-Armstrong, Ltd.; die Reduktionsgetriebe wurden von der Firma H. Wallwork & Co., Ltd., und der Power Plant Co., Ltd.; und die Bandförderer von der Firma Fraser & Chalmers, Ltd., geliefert.

An unsere Fachpresse.

Während der kurzen Zeit, welche seit dem Erscheinen von „Cement and Cement Manufacture" verflossen ist, ist eine beträchtliche Anzahl von Artikeln ohne Erlaubnis und Genehmigung in anderen Zeitschriften, welche über Zement berichten, nachgedruckt worden. Besonders haben bestimmte europäische Zeitschriften in dieser Beziehung gesündigt und uns geschädigt. Während wir diese Art von Anerkennung des Jnhalts von „Cement and Cement Manufacture" zwar zu würdigen wissen, möchten wir dennoch darauf hinweisen, dass die Verfasser der fraglichen Artikel von uns für ihre Beiträge bezahlt werden, und dass unser Honoraretat eine beträchtliche Summe ausmacht. Die Ausgaben für Honorare rangieren tatsächlich bei der Herstellung unserer Zeitschrift an zweiter Stelle.

Wir beabsichtigen nicht den Jnformationswert unserer Zeitschrift für die Zementfabrikanten und Zementforscher einzuschränken „Cement and Cement Manufacture" wird jetzt sogar unter grossen Unkosten in vier Sprachen erscheinen, um die Jnformationen allen Jnteressenten in der Welt zugänglich zu machen. Es ist uns durchaus willkommen, wenn andere Zeitschriften Auszüge oder Nachdrucke unserer Artikel bringen, sofern unsere ausdrückliche Genehmigung eingeholt ist; wir wehren uns aber energisch gegen die piratenmässige Ausbeutung unserer durch „Copyright" geschützten Artikel, besonders dann, wenn nicht einmal angegeben wird, dass diese Nachdrucke unserer Zeitschrift entnommen sind.

Wenn diese Form des Diebstahls nicht aufhört, werden wir in Zukunft die Namen der betreffenden Zeitschriften zusammen mit einer Liste der aus „Cement and Cement Manufacture" ohne Genehmigung gestohlenen Artikel veröffentlichen. Diejenigen Zeitschriften, welche offenbar ihre redaktionellen Unkosten auf ein Minimum einschränken wollen, mögen sich diese Mitteilungen merken.

Ueber einige physikalische Eigenschaften von hydratisierten Zementen.

Von R. E. STRADLING, M.C., D.Sc., Ph.D., M.Inst.C.E.
Direktor der Bauforschungsabteilung (England).

Wie bereits in verschiedenen Berichten der Building Research Station erwähnt, wird längere Zeit bereits daran gearbeitet, einige Erscheinungen aufzuklären, die im Zusammenhang mit gelartigen Stoffen in der Baupraxis verbunden sind. Einer der wichtigsten in dieser Gruppe von Stoffen ist der Portlandzement, und es dürfte im jetzigen Stadium von Interesse sein, ein kurz zusammenfassendes Bild dessen zu entwerfen, was nach des Verfassers Auffassung der Zweck zu sein scheint, auf welchen die Arbeit der Bauforschungsstation, mit besonderer Berücksichtigung von Zement-und Betonforschungsarbeiten, abzielt.

In dem Bericht[1] des Building Research Board für den am Dezember 1926 endenden Zeitabschnitt wurde eine Klassifizierung der Baustoffe angeregt, und besonderer Nachdruck wurde der Notwendigkeit weiterer Kenntnisse über die Gruppe von Stoffen, die als „scheinbar feste" oder „gelartige" bekannt sind, verliehen. Die Arbeiten während der letzten zwei Jahre haben hervorgehoben, wie dringend notwendig diese Arbeiten sind, und wie wenig in der Tat über den Gegenstand bekannt ist. Die wesentliche mechanische Eigenschaft eines gelartigen Stoffes, die ihn von denen kristalliner Zusammensetzung unterscheidet, besteht darin, dass bei Aenderung des Feuchtigkeitsgehaltes Volumenänderungen eintreten, und dass diese Raumänderungen mit einer Festigkeitsänderung und einer Aenderung in dem Werte für das Verhältnis von Druck zu Zug verknüpft ist. So weit wie Baustoffe ein solches Verhalten aufweisen, wird der Ausdruck „Gel" angewendet, ohne damit die Absicht zum Ausdruck bringen zu wollen, dass dadurch eine bestimmte Kapillarstruktur bezeichnet ist. Die Raumänderungen sind ohne Zweifel die Ursache der Risse und Sprünge von Beton-und Zementbewurfarbeiten, doch sind sie noch nicht genügend aufgeklärt, dass man in der Praxis vor ihnen bewahrt bleibt.

Neuere in den Vereinigten Staaten von Amerika und in Deutschland veröffentlichte Untersuchungen zeigen, dass das Problem der Gel-Struktur mehr und mehr gewürdigt wird. Die fraglichen Arbeiten konzentrieren sich dort vornehmlich auf die Bewegungen, die eintreten, wenn abgebundene Zemente abwechselnd angenässt und getrocknet werden. Die eintretenden Bewegungen, über die berichtet wird, sind von der gleichen Art, wie sie in der Building Research Station festgestellt wurden. Im Laufe des verflossenen Jahres haben mehrere Abteilungen der Station über die Eigenschaften dieser gelartigen Stoffe mit besonderer Berücksichtigung der Zemente vom Typ der Portlandzemente gearbeitet. Wenn man über diese Arbeiten referiert, so erscheint es möglich, eine vorläufige Erklärung einiger der, beim Abbinde-und Erhärtungs-

[1] Siehe Seite 10-12 und Seite 43-48.

prozesse auftretenden Erscheinungen abzugeben. Diese Erklärung ist mehr die einer Arbeitshypothese als die eines bewiesenen Versuches; trotz des Risikos, vorzeitige Schlüsse gezogen zu haben, scheint es dennoch wert zu sein, die Bedeutung der in der Station gesammelten Menge von Versuchswerten versuchsweise zu würdigen.

Abb. 1 (siehe Seite 20) zeigt in zeitlichem Verlaufe die Kurven der Ausdehnung, die eintritt, wenn vorher getrocknete Proben verschiedener Baustoffe in Wasser getaucht werden. Verschiedene Materialien dehnen sich in verschiedenem Masse aus, und die Enddehnung scheint von zwei Faktoren abzuhängen, die beide von grosser praktischer Bedeutung sind. Diese Faktoren sind (1) die Menge des vorhandenen, sich ausdehnenden Stoffes und (2) die Leichtigkeit, mit der Wasser eindringt.

Man vergleiche z.B.den Fall des reinen Zements mit dem eines Schlackenbetons. Beim reinen Zement muss sehr viel mehr, unmittelbar einwirkende, gelartige Substanz anwesend sein als im Beton, und doch ist die Ausdehnung im zweiten Falle eine viel grössere als im ersten. Die fragliche Schlacke ist völlig raumbeständig Keine solche zeigt selbst bei Feuchtigkeitszutritt irgendwelche Ausdehnung. Die Erklärung für die annormale Erscheinung besteht darin, dass der Schlackenbeton sehr wasserdurchlässig ist so, dass das Wasser in der Lage ist, den Zement leichter zu erreichen.

Dieses geht noch klarer aus den Abb. 3-8 (siehe Seite 22-23) hervor, die die Dehnung von Zementprobekörpern verschiedener Stärke bei Lagerung in Luft und in Wasser zeigen. Die Abb. 3, 4 und 5 beziehen sich auf die Ausdehnung von Probekörpern aus reinem Zement von verschiedener Stärke, die in Wasser gelagert waren. Abb. 3 betrifft normalen Portlandzement, Abb. 4 betrifft hochwertigen Zement, Abbildung 5 betrifft Tonerdezement. Die Abb. 6, 7 und 8 beziehen sich auf die Kontraktion von Probekörpern aus reinem Zement von verschiedener Stärke, die in Luft gelagert waren. Abb. 6 betrifft normalen Portlandzement, Abb. 7 betrifft hochwertigen Portlandzement und Abb. 8 betrifft Tonerdezement. Es kann festgestellt werden, dass die Bewegung um so grösser ist, je dünner der Probekörper ist, ob nun Wasser wie bei der Luftlagerung das Bestreben hat, auszutreten, oder ob es wie bei der Wasserlagerung ein solches einzutreten besitzt. Die halb undurchlässige Natur hydratisierten Zements bietet beträchtlichen Widerstand. Die tatsächlich gemessene Bewegung solcher Probekörper ist wirklich die Summe der Einwirkungen von Feuchtigkeitsdehnungen der Aussenschicht und der Spannung des Zementkerns. Wenn also Wasser Zutritt findet, so dehnt sich die Aussenschicht aus und wird durch den inneren trocknen Kern gehemmt; wenn der Probekörper austrocknet, so zieht sich die Aussenschicht zusammen und wird wiederum durch den inneren, nasseren Kern gehemmt.

Es ist offensichtlich, dass, wenn Wasser zu dem gelartigen Stoff gelangen kann, die Bewegung des Probekörpers, je reicher er an Zement ist, um so grösser sein muss. In der Praxis ist jedoch die Durchlässigkeit ein so überwiegender Faktor, dass die Bewegung von Betonmassen in den, in der Praxis üblichen Grössen gewöhnlich in grösserem Umfange hierauf als auf dem

Gehalt an Zement beruht, so weit normale von Tag zu Tag auftretende Feuchtigkeit in Frage kommt, obwohl schliesslich die Menge anwesenden Zements einen gewissen Unterschied hervorrufen muss, wenn Probekörper über längere Zeitperioden unter trocknen und nassen Bedingungen gelagert werden.

Die in Abb. 1, wie bereits konstatiert, gezeigten Bewegungen sind die durch Nässen vorher getrockneter Probekörper entstandenen. Die Bewegungen, die indessen während des Abbindens und Erhärtens stattfinden, sind oft noch ernsterer Natur. Abb. 2 (siehe Seite 21) zeigt in 90-facher Vergrösserung eine Mikrophotographie der polierten Oberfläche von abgebundenem Zement. Zwei Hauptbestandteile, gekennzeichnet durch die weissen Teilchen auf einem dunkleren Hintergrund, sind offensichtlich. Diese weissen Partikel sind nicht hydratisierter Zement, der beim Zutritt von Wasser hydratisieren und sich ausdehnen wird.

Wenn beim Mischen dem Zementpulver Wasser zugesetzt wird, so wird die Oberfläche der Partikel hydratisiert, indem sich ein vollkommener, wenn auch nicht ganz undurchlässiger Ueberzug bildet. Der Kern des Partikel kann sich daher selbst nach vieljähriger lagerung in Wasser als nicht hydratisiert herausstellen. Warum dieses so sein kann, kann gegenwärtig nur vermutet werden, da kurz nach dem Anmachen kaum ein Zweifel bestehen kann, dass Wasser die hydratisierte Hülle des Partikels durchdringen kann und auch durchdringt.

Ehe die direkte Diskussion fortgesetzt werden kann, ist es notwendig die Frage der Synäresis zu behandeln. Wenn Kieselsäuregel durch Mischen gewisser Mengen von Salzsäure und Natriumsilikat gebildet wird, so enthält das resultierende Gel etwa 5% Kieselsäure und 95% Wasser und gewöhnliches Kochsalz. Es ist eine verhältnismässig starre Masse und bei längerem Stehen bilden sich auf der Oberfläche Flüssigkeitstropfen und das Gel löst sich von den Gefässwänden. Dieser Vorgang der Synäresis findet selbst unter Wasser statt. Die synäresierte Flüssigkeit besteht praktisch aus Wasser, in dem Salz gelöst ist. Es ist noch nicht klar, welche direkte Anwendung aus den Versuchen über die Synäresis von Kieselsäuregelen auf den Fall der Zementgele gemacht werden kann; es scheint aber einleuchtend, dass man Synäresis als eine allgemeine Eigenschaft starrer Gele annehmen kann, und dass sie daher nicht aus der Betrachtung ausgelassen werden sollte. Obwohl die Versuche, die Synäresis von Zement zu messen, in der Building Research Station völlig negative Ergebnisse geliefert haben, so ist dieses vielleicht nicht einmal zu verwundern. Wenn nach sich darüber klar ist, dass die Synäresis eines Kieselsäuregels die Kraft ist, mit welcher die über das Absorptionswasser[2] hinausgehende Menge Wasser bei den Feuchtigkeitsbedingungen völliger äusserer Sättigung abgespalten wird, so sollte man sich daran erinnern, dass das, einem Zement zugesetzte Wasser eine sehr willkürliche Menge darstellt und wahrscheinlich nicht ausreichend ist, um den gesamten Zement vollkommen

[2] Siehe wegen der Behandlung dieser Frage und anderer in diesem Artikel angewandter Terminologien „Einwirkung von Feuchtigkeitsänderungen auf Baustoffe" von R. E. Stradling (Building Research Bulletin Nr. 3).

zu hydratisieren, selbst wenn dieses physikalisch möglich wäre. Nur die Oberflächen der Zementpartikel sind dann hydratisiert mit etwa 30-40% der anwesenden Menge an Zement so, dass möglicherweise in der Gel-Struktur bald nach dem Anmachen Wasser in Ueberschuss des Gleichgewichts mit den äusseren Feuchtigkeitsbedingungen vollkommener Sättigung vorhanden ist. In der ersten Zeit kann Wasser langsam durch die hydratisierte Deckhaut durchdringen, doch verlangsamt sich diese Durchdringung offensichtlich bald, weil wahrscheinlich die Kanäle, welche das Wasser passieren muss, verschmiert sind. Diese Durchlässigkeit und die daraus folgende spätere Hydratation sind indessen wahrscheinlich ausreichend, jede Wassermenge aufzunehmen, die im ersten Stadium mit dem Ergebnis synäresiert wird, dass sich auf den Oberflächen der Probekörper kein Wasser zeigt.

Wenn wir zur direkten Diskutierung der Probleme zurückkehren und voraussetzen, dass Synäresis eine allgemeine Eigenschaft starrer Gele ist, so ist es klar, dass selbst, wenn Probekörper aus hydratisiertem Zement so bald wie möglich nach dem Anmachen in Wasser getaucht werden, in so weit Kontraktion festgestellt werden sollte, wie es die bestehende Gel-Struktur betrifft. Bei normalem Portlandzement wird indessen das Gegenteil beobachtet. Man wird also zu der Annahme gebracht, dass entweder Synäresis nicht stattfindet und Zementgele, selbst bei der Entstehung eine geringere Wassermenge enthalten als dem Gleichgewicht äusserer Sättigung entspricht, oder aber andererseits, dass die hydratiserte Zementhülle in der ersten Zeit wasserdurchlässig ist und dass weitere Hydratation eintritt, welche die Ausdehnung, die man an frisch bereiteten, in Wasser gelagerten Portlandzement-Probekörpern beobachtete, verursacht.

Unter Berücksichtigung anderer, nachher zu diskutierender Erscheinungen scheint alles darauf hinzudeuten, dass weitere Hydratation stattfinden kann. Es ist daher vernünftgig, vorläufig zu folgern, dass die alternative Annahme die richtige ist, das heisst, dass hydratiserter Zement an sich nicht von anderen starren Gelen unterscheidend angesehen werden sollte, sondern dass die beobachtete Ausdehnung weiterer Hydratation zuzuschreiben ist, die infolge des Durchtritts von Wasser durch die äussere Hülle verursacht wird.

Experimentelle Untersuchungen zeigen indessen, dass diese weitere Hydratation bei Wasserlagerung nicht sehr lange fortschreitet. Abbildung 3 (siehe Seite 22) veranschaulicht diese Tatsache auf Grund der Arbeiten der Building Research Station. Probekörper aus reinem, normalem Portlandzement, an denen Messsungen vorgenommen wurden, liess man nie vom Anmachen an trocken werden. Sie bestanden aus rechtwinkligen Stäben von 5,08 × 10,16 cm Grösse, in die an jedem Ende kleine Metallkugeln eingelassen waren. Die Messung wurde zwischen diesen Kugeln mit einem Mikrometer vorgenommen. Drei Serien von Stäben waren vorhanden, von denen jede eine bestimmte Stärke besass, obwohl Länge und Breite in allen Fällen (5,08 × 10,16 cm) die gleichen waren. Die Kugeln wurden so eingelassen, dass die Messlänge, über welche die Bewegungen gemessen wurden, in allen Fällen 7,62 cm betrug. Die Stärke der drei Serien von Probestäben war 0,32, 1,27 und 5,08 cm. Man erkennt, dass anfangs die Dehnungen schneller waren und

in den dünnen Probekörpern grösser als in den stärkeren. Nach einer gewissen Zeit scheinen die Kurven praktisch parallel zu verlaufen und, obwohl alle Proben längenmässig wachsen, scheint das Mass des Wachsens langsam und unabhängig von der Stärke der Probekörper zu sein.

Offenbar befinden sich im ersten Stadium sowohl die chemische Aktion der ersten Hydratation wie die Erhärtung des Materials noch im Fortschreiten; die Substanz ist noch nicht zu einer einheitlichen Masse erhärtet und Wasser kann eindringen. Später kommen diese drei Vorgänge indessen zum Stillstand oder verlangsamen sich wenigstens. Wahrscheinlich werden die beiden ersten Vorgänge zum Stillstand gelangen, und die Durchdringung von Wasser wird sehr langsam. Etwas Wasser muss jedoch hindurchdringen, da sonst die weitere Hydratation sich nicht fortsetzen könnte und der fortschreitende Längenzuwachs schwierig zu erklären sein dürfte.

Einige der Folgerungen aus diesen Hydratationsbewegungen sollen später auseinandergesetzt werden; bei einer Diskussion dieser Arbeit müssen indessen die Versuche von A. H. White in den Vereinigten Staaten von Amerika erwähnt werden. White hat Messungen der Bewegungen von Zementstäben über einen Zeitraum von ungefähr neunzehn Jahren ausgeführt und dabei gefunden, dass, wenn ein vorher getrockneter Zementstab zwei Jahre in Wasser gelagert wurde, eine lineare Ausdehnung von über 0.5% stattfinden konnte. Nach dem Verlauf von neunzehn Jahren finden noch beim wechselnden Nässen und Trocknen Ausdehnungen und Kontraktionen statt, und daher liegt eine gewisse Begründung für die Annahme vor, dass diese Feuchtigkeitseinwirkungen wahrscheinlich so lange wirksam sind, wie die Lebensdauer einer Konstruktion in der Praxis ist.

Schnell erhärtende Zemente.

Vom physikalischen Gesichtspunkte aus können die schnell erhärtenden Zemente, sowohl die der Portland-wie der Tonerdeart, als Typen angesehen werden, bei denen, wie der Ausdruck besagt, die Prozesse des Abbindens und Erhärtens in sehr kurzem Zeitraum zu Ende kommen, verglichen mit normalem Portlandzement.

Die Abb. 4 und 5 (siehe Seite 22) zeigen Kurven von Probekörpern aus hochwertigen Zementen und aus Tonerdezement, die den aus Portlandzement erhaltenen, welche zu den Versuchen der Abbildung 3 verwendet wurden, nach Grösse und Gestalt ähneln. Im allgemeinen treten die gleichen Erscheinungen auf; der einzige bedeutende Unterschied trifft für den Fall des 5.08 cm. starken Probekörpers aus Tonerdezement (Abb. 5) zu. In diesem Falle tritt selbst bei Wasserlagerung zuerst Schwindung ein, auf welche, ähnlich wie bei den anderen Zementen, Expansion folgt. Diese Schwindung ist charakteristisch für grössere Probekörper aus Tonerdezement. Es wird angenommen, dass diese auf der Synäresis des während der chemischen Prozesse sich bildenden Gels beruht, und dass sie mit diesen grösseren Proben verknüpft ist, weil die chemischen Prozesse so sehr viel schneller vor sich gehen und das

Material abgebunden und verhältnismassig früh undurchlässig ist. Die gleiche Erscheinung wird bei Betonen beobachtet.

Die Luftlagerung von Zementproben bedingt ganz andere Verhältnisse. Der Hauptfaktor ist der der Austrocknung. In den Abb. 6, 7 und 8 (siehe Seite 23) werden Kurven von Versuchsserien gezeigt, die aus ähnlich grossen Probekörpern, wie sie für die vorhergehenden Kurven benutzt wurden, erhalten wurden.

In allen Fällen tritt Schwindung ein und je dünner der Probekörper ist, um so grösser ist das Mass der Gesamtbewegung, obwohl die Bewegungen nach einer gewissen Zeit konstant werden und die Kurven, die im Neigungswinkel nur mit Veränderung des Feuchtigkeitsgehalts der Lagerungsluft wechseln, parallel verlaufen. Während jede Hydratation zum Stillstand gelangt ist, erscheint es unter der Voraussetzung, dass die umgebende Luft bemerkenswerte Feuchtigkeitsmengen enthält, möglich, dass in geringem Umfange weitere Hydratation stattfinden kann, wenn irgend ein mechanischer Bruch erfolgt und damit in ausreichender Menge hydratisierte Klinkerpartikel freigelegt werden. Das nach einem Bruch solche weitere Hydratation stattfinden kann, wird durch das Phänomen der „ Autogen-Heilung," ein Ausdruck, der sich auf die Rückgewinnung der Festigkeit eines Betons, nachdem dieser partiell gebrochen war, bezieht, demonstriert.

Mörtel und Betone.

Der für Konstruktionszwecke benutzte Beton wird notwendigerweise zumeist an der Luft abbinden und erhärten. Es ist allgemein bekannt, dass wenn reiner Zement verwendet wird, bedenkliche Rissbildung eintritt, und dass diese Rissbildung dann beträchtlich vermindert wird, wenn ein inaktives Füllmaterial wie Sand, Kies oder ähnliche Stoffe der Mischung zugesetzt wird. Selbstverständlich ist die, verminderte Rissbildung nicht der Hauptgrund, warum an Stelle von reinem Zement Beton verwendet wird. Natürlich ist die Frage der Gestehungskosten von Bedeutung. Trotzdem bleibt die Tatsache bestehen, dass reiner Zement bei grossen Flächen unter normalen Bedingungen praktisch als Konstruktionsmaterial wertlos ist wegen des beim Austrocknen eintretenden Schwindens.

Wie mindert nun die Anwesenheit eines inaktiven Füllstoffes das Auftreten von Rissen? In erster Linie wird angenommen, dass auf Grund des Schwindens von Zement um die inaktiven Partikel eine Konzentration von Spannungskräften eintritt; diese führt zu einer Verteilung dieser und danach zu einer Entlastung der Spannungen. Tritt hierdurch keine Entlastung ein, so entstehen Haarrisse in der Zementhülle und auf den inaktiven Partikeln, die wiederum zu einer Spannungsentlastung führen.

Wenn keiner dieser Fälle eintreten kann, oder wenn auf Grund der besonderen Formgebung des Betons eine einfachere Möglichkeit der Entlastung durch grosse Rissbildung eintritt, dann wird selbst die Gegenwart inaktiver Füllstoffe die Entstehung von bedenklichen Rissen in dem reinen Zement nicht verhindern.

In der Building Research Station durchgeführte Messungen der Spannungsübertragungen von Beton und Mörtel, die sich unter Druck befanden, haben ergeben, dass je grösser die angewendete Druckbelastung war, um so grösser auch die Tendenz zur Verteilung dieser war, und dass je älter die Probekörper waren, um so kleiner auch diese Tendenz der Druckweiterleitung war. Weiter ist die Entstehung mikroskopisch kleiner Risse wahrscheinlich dann am naheliegendsten, wenn die Festigkeit noch sehr niedrig ist; das heisst also in der ersten Zeit der Erhärtung. Wie aus dem Nachfolgenden hervorgeht, scheint die mikroskopisch kleine Rissbildung dann von überragender Bedeutung in Verbindung mit den Lagerungsverhältnissen zu sein, wenn undurchlässiger Beton verlangt wird, und sie ist besonders markant, wenn in dieser Beziehung normale und hochwertige Zement verglichen werden.

Vielleicht dürfte die Zitierung eines übertrieben dargestellten Beispiels der Wirkung von Nutzen sein. Wenn man gepulverten Bimsstein als inaktives Füllmaterial und Kieselsäure-Gel als Bindemittel verwendet, so kann man Probekörper erhalten, die sehr viel mehr als gewöhnlicher Mörtel schwinden. Unter Zuhilfenahme bildmässiger Erläuterung wurde eine Serie von Würfeln aus verschiedenen Mischungen von Kieselsäure-Gel mit gepulvertem Bimsstein angefertigt. Die in Abb. 9 (siehe Seite 27) mit 100% bezeichneten wurden hergestellt, indem die Form völlig mit gepulvertem Bimsstein gefüllt wurde und hierauf Kieselsäure-Gel, das durch Mischen von Wasserglas mit Salzsäure gebildet wurde, zugesetzt wurde. Die mit 75% bezeichneten Proben wurden angefertigt, indem die Form zu dreiviertel mit Pulver gefüllt und dann gelartiges Bindemittel zugesetzt wurde, wobei die Form während des Abbindens des Bindemittels geschüttelt wurde. In ähnlicher Weise wurden die mit 50% und 25% bezeichneten Würfel hergestellt, indem nämlich die Form zur Hälfte bezw. zu ein Viertel mit Pulver gefüllt und hierauf das Gel zugesetzt wurde, wobei ebenfalls während des Abbindens die Form geschüttelt wurde. Das reine Gel wurde gebildet, indem ein Würfel nur aus Kieselsäure gegossen wurde. Die Photographien von Abb. 9 (siehe Seite 27) zeigen das Aussehen der Würfel nach verschieden langen Trocknungsperioden. Das Bindemittel enthielt etwa 95% Wasser so, dass das Schwinden beim Austrocknen ausreichend war, um das Reissen des Bindemittels um den Bimsstein herum sicher zu stellen.

Man beachte zuerst die Serie von Aufnahmen, die aus 100% Bimsstein-Würfeln bestanden. Man erkennt, dass die Grösse der Würfel sich im Verlaufe von 27 Tagen nicht sichtbar geändert hat; tatsächlich hat eine kleine Expansion stattgefunden. Das aus Kieselsäure-Gel bestehende Bindemittel ist um die Bimspartikel, die nur einen ganz lockeren Zusammenhang aufweisen, vollkommen zusammengebrochen und, wenn man den Würfel in diesem Alter bewegt hätte, es sei denn mit der grösstmöglichen Vorsicht, so würde er zu einem Pulverhaufen zusammengefallen sein, ähnlich dem Bimssteinsand, mit dem ursprünglich die Form gefüllt worden war. Nunmehr beobachte man die mit „ Kieselsäure-Gel " bezeichneten Serien. Hier handelt es sich um das reine Bindemittel, und man erkennt, dass der Würfel in wachsendem Masse zusammengeschrumpft ist, dass sich schliesslich grosse Risse bildeten

und dass Stücke heruntergefallen sind. Die Würfel der dazwischen liegenden Zusammensetzungen haben sich, als in der Mitte zwischen den beiden diskutierten Fällen liegend verhalten.

Abb. 10 (siehe Seite 29) zeigt Ansichten einiger dieser Würfel in verschiedenem Alter. Die offenbaren Trübungen der Photographien der frischen Würfel sind auf die von dem Kieselsäure-Gel bedeckten Bimsstein-Körner zurückzuführen.

Eine Prüfung dieser Aufnahmen ermöglicht, folgende Schlüsse zu ziehen:

(1.) Je grösser der Gehalt an Bindemittel ist, um so grösser ist die Total-schwindung.

(2.) Je grösser der Gehalt an Bindemittel ist, um so grösser sind die durch Schwinden entstandenen Risse.

(3.) Bei den fetteren Mischungen tritt die Zerstörung zuerst durch Bildung grösser Risse ein, auf die kleinere folgen, welche sich um die einzelnen Partikel des Zuschlagstoffes bilden.

(4.) Bei der magersten Mischung (100% Bimsstein) erfolgt der Bruch, da das Material nicht weiter verdichtet werden kann, um die einzelnen Partikel des Bimssteins.

In der Praxis sind die Schwindbewegungen eines Zementes natürlich nicht von der gleichen Art wie die eines Kieselsäure-Gels. Die Fälle sind indessen analog, und es wird behauptet, dass erst dann die Ursachen für das Verhalten von Mörtel und Beton verstanden werden, wenn man sich hierüber klar geworden ist. Mit anderen Worten gesprochen ist es also notwendig, sich das Bild eines Bindemittels, das, um inaktive Partikel gruppiert, schwindet, im Gedächtnis zu bewahren, wenn nicht die Unregelmässigkeiten beim Prüfen von Zement und Beton weiter ungeklärt bleiben sollen.

Abschliessend mag betont werden, dass eine Mörtel-oder Betonmasse gewöhnlich voller innerer Spannungen auf Grund ungleichmässigen Schwindens in den einzelnen Teilen der Masse ist, Spannungen, die noch zu den durch anfängliche Kontraktion entstandenen hinzutreten. Darüber hinaus müssen erhebliche Spannungen auftreten, wenn weitere Hydratation von vorher nicht hydratisierten Partikeln wie bei der Wasserlagerung erfolgt. Diese Spannungen müssen entweder zum Bruch führen oder entlastet werden infolge Spannungsausgleichs. Der Bruch ist nicht so bedenklich, wenn die Körper völlig in Wasser eingetaucht sind, da die Hydratation automatisch die Bruchstelle zu heilen bestrebt ist.

So lange der Mechanismus dieser Feuchtigkeitsverhältnisse nicht besser erkannt ist, wird die Kontrolle von Rissen und dergleichen praktisch nicht möglich sein. So wie die Erforschung der Wärmebehandlung von Metallen, neue Gebiete des Ingenieurwesens erschlossen hat, so wird auch die Erforschung der parallelen Erscheinungen der Feuchtigkeitseinwirkung auf Zement und zementartige Materialien weitere Erfolge im Bauingenieurwesen ermöglichen.

Zur Beurteilung der Zemente.

Von Prof. Dr. HANS KÜHL.

(Laboratorium Professor, Zementtechnisches Institut der Technischen Hochschule, Berlin.)

Die Normenvorschriften, die die Kulturstaaten der Erde für die Prüfung und Beurteilung von Zement erlassen haben, bilden ein buntes Mosaik, in welchem selbst der Fachmann sich schwer zurecht findet; die Zersplitterung geht so weit, dass es schon eines eifrigen Suchens bedarf, um auch nur *einen* Punkt ausfindig zu machen, in welchem die Vorschriften verschiedener Länder miteinander übereinstimmen!

Schon bei der Begriffserklärung finden wir die grössten Mannigfaltigkeiten bezüglich dessen, was zum Beispiel als Portlandzementklinker und Portlandzement bezeichnet werden soll. Während manche Länder unter Portlandzementklinker nur einen Klinker verstanden wissen wollen, der durch Brennen einer *künstlich* hergestellten innigen Mischung kalk-und tonhaltiger Materialien entstanden ist, lassen andere Länder auch Klinker, für deren Gewinnung *natürliche*, richtig zusammengesetzte Mergel ohne künstliche Aufbereitung dem Brennprozess unterworfen wurden, als Portlandzementklinker gelten.

Und wie der Begriff des Portlandzementklinkers verschieden erfasst wird, so bestehen die grössten Unterschiede auch bezüglich der Ansicht dessen, was unter Portlandzement zu verstehen sei. Während zum Beispiel in England dem Klinker nach dem Brennen *nur* Gips und Wasser in vorgeschriebenen Mengen zugesetzt werden dürfen, ist man in Deutschland und manchen anderen Ländern schon etwas toleranter, indem man innerhalb gewisser Grenzen den Zusatz beliebiger Stoffe gestattet, die der Regulierung der Abbindezeit oder anderen Zwecken dienen. Wieder andere Länder, wie zum Beispiel Italien, haben auf eine strenge Begriffserklärung für Portlandzement überhaupt verzichtet; demzufolge können in Italien auch Fremdstoffe dem gebrannten Klinker zugemahlen werden, ohne den Handelswert des Erzeugnisses zu beeinträchtigen, sofern nur die technischen Eigenschaften den Vorschriften genügen.

Ich will nicht auf die vielfachen Unterschiede geringerer Art eingehen, die in den verschiedenen Ländern bei den Prüfungsvorschriften für Mahlfeinheit, Raumgewicht und Abbindezeit bestehen; hier ist wenigstens noch eine grundsätzliche Übereinstimmung und eine durchgehende Linie zu erkennen, welche allzu grosse Differenzen ausschliesst. Recht vielgestaltig scheinen dagegen die Meinungen bezüglich einer Prüfungsvorschrift für die schnelle Ermittlung der Raumbeständigkeit zu sein. Während wohl alle Länder die 28tägige Kaltwasserprobe vorschreiben, finden wir vielfach auch das Verlangen nach einer „beschleunigten" Raumbeständigkeitsprobe, und hier begegnet uns wieder eine Mannigfaltigkeit, die erstaunlich ist. Während für die beschleunigte Prüfung im allgemeinen eine Prüftemperatur von 100° gewählt wird, schreibt beispielsweise Australien eine Prüftemperatur von 80-94° vor, und während in den meisten Ländern die Kochprobe in irgend einer Form—sei es als Kuchenprobe, sei es als Le Chatelier-Probe—zur Anwendung gelangt, haben andere Länder, zum Beispiel Polen, die Einlagerung der Versuchskörper in Wasserdampf statt in Wasser vorgeschrieben.

Schier riesengross aber ist die Mannigfaltigkeit der Vorschriften für die Festigkeitsprüfung. Bald ist es die Zugfestigkeit, bald die Biege-

festigkeit, bald die Druckfestigkeit, bald eine Vereinigung mehrerer Festigkeitsarten, die der entscheidenden Beurteilung eines Zementes zu Grunde gelegt wird; wir finden Vorschriften für die Prüfung von reinem Zement und solche für die Prüfung von Sandmörtelmischungen; einige Länder prüfen plastische, andere erdfeuchte Mörtel; die maschinelle Anfertigung der Probekörper beansprucht den Vorrang gegenüber der manuellen Anfertigung, und selbst bei der einen wie bei der anderen Art der Anfertigung bestehen noch wieder die grössten Unterschiede in den Prüfungsvorschriften, indem der Hammerapparat mit der Ramme und der Spatel mit dem Daumen der Hand im Krieg liegt! Kann es da Wunder nehmen, dass auch die Zahlenwerte, die für die Festigkeit verlangt werden, die grössten Unterschiede zeigen, und zwar Unterschiede, die nicht nur durch das jeweils vorgeschriebene Prüfungsverfahren bedingt sind, was natürlich wäre!—sondern auch Unterschiede, die eine sehr verschiedene Auffassung über die Güteanforderung an sich erkennen lassen?

Dieser kleine Überblick mag genügen, um auch dem Fachmann, der mit der Materie nicht genau vertraut ist, zu zeigen, dass wir von einer Einheitlichkeit im Zementprüfungswesen, wie sie der neue Internationale Verband für die Materialprüfungen der Technik anstrebt, weiter entfernt sind, als je zuvor.

Es liegt nun nahe, aus der Mannigfaltigkeit der Prüfungsvorschriften auf einen ebenso mannigfaltigen Stand der Technik in den verschiedenen Ländern zu schliessen, denn schliesslich kennzeichnen doch die Prüfungsvorschriften das Ziel, nach dem die Technik streben soll. Die Wirklichkeit zeigt, dass gerade das Gegenteil richtig ist. Die Güte der Zemente dürfte in allen fortgeschrittenen Kulturstaaten annähernd auf der gleichen Höhe stehen, und wenn dies trotz so uneinheitlicher Prüfungsvorschriften erreicht werden konnte, so darf man hieraus wohl den Schluss ziehen, dass die Prüfungsvorschriften trotz des bunten Bildes, das sie bieten, unter einander im ganzen doch ebenso gleichwertig sind, wie die Leistungen der Industrie, für die sie die Leitlinien bilden. Das sollten sich ganz besonders diejenigen Stellen überlegen, die bemüht sind, eine internationale Vereinfachung der Prüfungsvorschriften herbeizuführen! Es ist wirklich ziemlich gleichgültig, ob man beispielsweise den Schwefelsäuregehalt auf, 2,5% oder auf 3% beschränkt, ob man für den Siebrückstand auf dem Sieb mit 4900 Maschen/qcm einen Höchstwert von 20% oder von 25% zulässt, ob man als beschleunigte Raumbeständigkeitsprobe die Michaelis'sche Kochprobe oder den Le Chatelier'schen Nadelversuch wählt, ob man die Abbindezeit mit der Vicat—oder mit der Gillmore-Nadel bestimmt, oder schliesslich, ob man die Festigkeit an plastischem oder erdfeuchtem Mörtel prüft, obwohl hier noch am ehesten ernsthafte Meinungsverschiedenheiten möglich sind.

Es ist nicht der Zweck dieser Zeilen, sich mit solchen Einzelheiten zu befassen; ich möchte vielmehr versuchen, einigen allgemeinen Gedanken über die Prüfung und Beurteilung der Zemente und ihrer künftigen Entwicklung, wie ich sie mir vorstelle, Ausdruck zu geben.

Da erhebt sich zunächst die grundsätzliche Frage, ob man möglichst allgemeine, ganze Gruppen von Baustoffen umfassende Prüfungsvorschriften erlassen soll, wie das beispielsweise Italien getan hat, oder ob eine scharfe Spezialisierung richtiger ist, wie wir sie in Deutschland finden. Ich bin der Ansicht, dass die Prüfungsvorschriften der Eigenart eines jeden Baustoffes genau angepasst sein müssen, und dass darum eine weitgehende Spezialisierung nicht zu vermeiden ist. Ich hatte noch ganz kürzlich, bei einem Vortrage vor der Wanderversammlung des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikan-

ten in Dresden, Gelegenheit, darauf hinzuweisen, dass selbst zwei Portlandzemente — Portlandzemente im Sinne der engen Fassung der deutschen Normenvorschriften! — sich recht verschieden bei der praktischen Verarbeitung verhalten können, selbst wenn sie gleiche Normenfestigkeit haben. Schon mit den bescheidenen Hülfsmitteln des Laboratoriums konnte ich zeigen, dass zwei solche nach der Normenprüfung gleichwertige Portlandzemente bei der Prüfung als nasse Mörtel Festigkeitszahlen lieferten, die um 50% auseinander gingen; und noch viel auffallendere Unterschiede beobachtete Guttmann, der aus zwei Portlandzementen von gleicher Normenfestigkeit nasse Betonkörper herstellte und an diesen Festigkeitsunterschiede von 100% beobachtete! Wenn solche Verschiedenheiten selbst bei Zementen *gleicher Gattung* und gleicher Normenfestigkeit auftreten können, so ist es nicht schwer, sich ein Bild davon zu machen, wie verschieden das praktische Verhalten von Mörtelstoffen *verschiedener Gattung* sein wird, wenn sie nach den gleichen Vorschriften geprüft werden! Es ist beispielsweise garnicht schwierig, aus Kalk und zementähnlichen Zuschlägen Mischungen herzustellen, die, nach den Vorschriften für Portlandzement geprüft, ausgezeichnete Prüfungsergebnisse liefern. Werden jedoch solche Mörtelstoffe auf andere Weise, beispielsweise mit hohen Sandzusätzen oder als nasse Mörtel geprüft, so zeigt sich fast immer, dass sie Portlandzementen mit gleichen Normenfestigkeiten weit unterlegen sind. Darum möchte ich für die Beurteilung der hydraulischen Bindemittel als obersten Leitsatz die Regel aufstellen: „ *Jedem* Bindemittel *seine* Normen! "

Wenn in den Normenvorschriften vieler Länder heute noch Vorschriften für das spezifische Gewicht und für das Litergewicht enthalten sind, so halte ich solche Vorschriften für überholt. Portlandzemente, die einer strengen Begriffserklärung genügen und angemessene technische Vorschriften erfüllen, haben ganz von selbst ein hohes spezifisches Gewicht. Und wenn das Festhalten am Litergewicht damit begründet wird, dass auf der Baustelle Zement und Zuschlagstoffe oft noch nach Raumteilen gemischt werden, so sollte man statt einer unnötigen Belastung der Zementnormen mit dem Litergewicht lieber Vorsorge treffen, dass auf der Baustelle die Mörtelstoffe grundsätzlich nach Gewicht gemischt werden—was nicht ausschliesst, dass man in der praktischen Handhabung mit Raumteilen arbeitet, nachdem man zuvor das Raumgewicht von Zement und Zuschlagstoffen festgestellt hat.

Die Vorschriften über die Mahlfeinheit kennen bisher nur Höchstwerte für die zulässigen Siebrückstände; es ist noch niemand auf den Gedanken gekommen, auch Mindestwerte festzusetzen und damit vorzuschreiben, dass die Zemente nicht allzu fein gemahlen werden dürfen. Ich bin der Ansicht, dass die Zeit nicht mehr allzu fern ist, wo solche Mindestvorschriften für die Korngrösse der Zemente wichtiger sein werden, als die heutigen Höchstvorschriften. Dass die Zemente nicht allzu grob in den Handel kommen, dafür sorgen schon die Anforderungen, die an ihre Erhärtungsfähigkeit gestellt werden; wer die heute vorgesehenen hohen Festigkeitszahlen erreichen will, muss seinen Zement schon gehörig fein mahlen! Hat man aber lange Zeit geglaubt, dass Zement garnicht fein genug gemahlen werden könne, so mehren sich heute die Stimmen, welche eine allzu weit getriebene Mahlfeinheit ablehnen. Vielfach stützt man sich hierbei auf den bereits erwähnten Umstand, dass das Raumgewicht bei sehr fein gemahlenen Zementen allzu sehr herabgeht, wodurch Schwierigkeiten auf der Baustelle entstehen können, so lange Zement und Zuschlagstoffe noch nach Raumteilen gemischt werden; von anderer Seite ist darauf hingewiesen

worden, dass sehr fein gemahlene Zemente verhältnismässig leicht ablagern. Ich halte beide Einwendungen nicht gerade für entscheidend, sondern sehe die Gefahr einer allzu übertriebenen Feinmahlung vor allem darin, dass, wie ich ebenfalls kürzlich auf der Wanderversammlung des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten zeigen konnte, sehr fein gemahlene Portland zemente gegen höhere Wasserzusätze wesentlich empfindlicher sind, als grob gemahlene Zemente. Hier, im Kornaufbau der Zemente, liegt nach meiner Ansicht der Schlüssel für das Verständnis der bereits erwähnten merkwürdigen Tatsache, dass Portlandzemente gleicher Normenfestigkeit bei nasser Verarbeitung zu Beton Festigkeitszahlen liefern können, die bis zu 100% auseinander gehen. Darum glaube ich, dass eine künftige Beurteilung der Zemente nach der Kornzusammensetzung sich weniger an rein mechanisch festgesetzte Höchstzahlen für den Siebrückstand auf einem doch verhältnismässig grobem Siebe halten, als vielmehr dem Kornaufbau als solchem unter besonderer Berücksichtigung des Gehaltes der Zemente an allerfeinsten Bestandteilen Beachtung schenken wird. Die Möglichkeit hierzu ist durchaus gegeben, nachdem uns zuverlässig arbeitende Windsichtmaschinen und Sedimentationsapparate für die Ermittlung des Feinkornaufbaues der Zemente zur Verfügung stehen.

Wenn die Abbindezeit der Zemente heute ganz allgemein an plastischen Mörteln aus reinem Zement mit der Nadel bestimmt wird, so soll man darüber nicht vergessen, dass der Zement in der Praxis unter ganz anderen Bedingungen verarbeitet wird. Der, auf Zement gerechnet, weitaus höhere Wasserzusatz im Mörtelbrei und in der Betonmasse führt zu wesentlich längeren Abbindezeiten, als sie uns der Laboratoriumsversuch liefert. Darum wäre es wohl zu begrüssen, wenn sich für die Bestimmung der Abbindezeit ein Verfahren finden liesse, das den Verhältnissen in der Praxis näher käme. Die Lösung dieser Aufgabe wird freilich nicht einfach sein, und von der Einführung thermischer und elektrischer Methoden verspreche ich mir nichts; sie sind dem Zufall in noch weit höherem Masse unterworfen, als das mechanische Prüfungsverfahren mit dem Nadelapparat.

Sehr umstritten waren von jeher die Anforderungen an die Raumbeständigkeit der Zemente. Nachdem es heute als feststehende Tatsache gelten kann, dass der erhärtete Zement aus einer Gelmasse besteht, derer Wassergehalt sich nach der Temperatur und dem Dampfdruck seiner Umgebung richtet, hat man sich zu der Erkenntnis durchringen müssen, dass es absolut raumbeständigen Zementmörtel überhaupt nicht gibt und nicht geben kann. Trotzdem muss natürlich an jeden Zement eine Mindestforderung hinsichtlich seiner Raumbeständigkeit gestellt werden. Aber wie soll diese Mindestforderung aussehen? Dass die 28tägige Kaltwasserprobe allzu geringe Ansprüche stellt, wird heute kaum noch bestritten; ebenso unbestritten aber ist es, dass alle „beschleunigten" Raumbeständigkeitsproben sich allzu weit von der Praxis entfernen und darum auch von zweifelhaftem Werte sind. Ich glaube, dass man hier nur auf einem Umwege weiter kommt, und zwar auf einem Umwege, der über die Festigkeitszahlen geht.

Damit kommen wir zur Frage der Festigkeitsprüfung; ehe ich aber auf gewisse Zusammenhänge zwischen Raumbeständigkeit und Festigkeit eingehe, dürften einige allgemeine Bemerkungen über die Festigkeitsprüfung am Platze sein. Nachdem erkannt worden ist, dass ein Zement sich bei der praktischen Verarbeitung doch recht wesentlich anders verhalten kann, als man es nach der Normenprüfung vielleicht erwarten sollte, scheint mir zunächst einmal festzustehen, dass man die Festigkeits-

prüfung der Zemente den praktischen Verhältnissen auf dem Bau so weit anpassen sollte, wie das überhaupt nur möglich ist. So lange im Zementbau der Stampfbeton vorherrschte, war die Prüfung erdfeuchter Mörtel am Platze; im modernen Baugewerbe hat sich aber aus mancherlei Gründen der plastische und der nasse Beton mehr und mehr durchgesetzt, und darum glaube ich, dass für die Zukunft die Prüfung plastischer Mörtel an Bedeutung gewinnen wird. Es ist nicht ohne Interesse, dass gerade in Deutschland, wo man besonders zähe am erdfeuchten Mörtel festgehalten hat, sich jetzt ein Umschwung bemerkbar macht, der in den neueren Arbeiten des Laboratoriums des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten für die Einführung der Prüfung plastischer Mörtel beredten Ausdruck findet.

Allerdings glaube ich, dass auch für die plastischen Mörtel die in Deutschland herrschenden Grundsätze der mechanischen Herstellung der Probekörper in möglichst weitem Ausmasse Anerkennung fordern müssen. Die Erfahrung hat doch gezeigt, dass die Zuverlässigkeit der Festigkeitsprüfung in dem Masse zugenommen hat, in dem die Prüfung mechanisiert worden ist, und wer gewohnt ist, sich der exakten Einrichtungen zu bedienen, die beispielsweise durch die deutschen und durch ähnlich geartete Normen anderer Länder für die Festigkeitsprüfung vorgeschrieben sind, den überrascht es, wenn er sehen muss, wie zum Beispiel in Nordamerika die Festigkeitsproben durch Eindrücken des Mörtels mit dem Daumen angefertigt werden, wobei freilich nicht verkannt werden soll, dass diese manuelle Arbeitsweise dort drüben bis zu einer ausserordentlich hohen Vollkommenheit durchgebildet worden ist.

In Deutschland hat man bis in die jüngste Zeit hinein die Festigkeitsprüfung an Proben aus reinem Zement ohne Sand für überholt gehalten. Nach Versuchen von Curt Prüssing, über die auf der mehrfach erwähnten Wanderversammlung des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten berichtet wurde, lassen sich an Proben aus reinem Zementmörtel indessen sehr auffallende Beobachtungen machen, die das Interesse für Festigkeitsversuche mit reinem Zement sicherlich neu beleben werden. Prüssing stellte fest, dass Zugproben aus reinem Zement, die mehr als 10 Jahre in Wasser gelegen und eine Zugfestigkeit von etwa 70 kg/qcm erreicht hatten, auf eine Zugfestigkeit von etwa 25 kg/qcm herabgingen, wenn sie vor der Prüfung längerer Zeit an der Luft gelagert wurden. Das ist eine Beobachtung, die derjenigen an Sandmörteln gerade entgegengesetzt ist, denn die Sandproben pflegen eine Festigkeitszunahme zu erfahren, wenn sie nach vorheriger Wasserlagerung an der Luft gelagert werden. Hier offenbaren sich Zusammenhänge, die sicher das Interesse aller derjenigen finden werden, die in die Geheimnisse der Zementerhärtung einzudringen versuchen.

Dann noch einige Worte zu der Frage, ob man Zement auf Druckfestigkeit oder auf Zugfestigkeit—an deren Stelle eventuell die Biegefestigkeit treten kann—prüfen soll. Ich habe von jeher zu den Anhängern der Zugfestigkeitsprüfung gehört und mich dagegen gewandt, dass in vielen europäischen Ländern das Schwergewicht der Festigkeitsprüfung sich mehr und mehr nach der Seite der Druckfestigkeitsprüfung verschoben hat. Wenn auch nicht zu bestreiten ist, dass die Druckbeanspruchung im praktischen Baugewerbe eine weitaus grössere Rolle spielt als die Zugbeanspruchung, so bleibt doch die beste Druckfestigkeit nutzlos, wenn das Bauwerk an den Stellen der Zugbeanspruchung rissig wird und von hier aus der Zerstörung anheim fällt. Mögen auch zum Beispiel im Eisenbetonbau die Eiseneinlagen statisch richtig berechnet sein, so können sie doch nicht verhindern, dass an den Stellen

starker Zugbeanspruchung eine gewisse Dehnung auftritt, wie sie etwa der Elastizität der Eiseneinlagen entspricht, und dieser Dehnung muss der das Eisen umhüllende Beton folgen können, ohne rissig zu werden, und darum muss der Beton hohe Zugfestigkeit und hohe Elastizität besitzen.

Die Frage der Zugfestigkeitsprüfung hat aber noch eine andere Seite! Steigert man langsam den Kalkgehalt einer Zementrohmischung, so steigen im fertigen Zement zunächst Zug- *und* Druckfestigkeit an; bald erreicht man aber eine Grenze im Kalkgehalt, jenseits welcher zwar die Druckfestigkeit noch weiter zunimmt, in der Zugfestigkeit aber Rückgänge —namentlich bei längerer Wasserlagerung—eintreten; noch weitere Steigerung des Kalkgehaltes führt dann auch zu einem Nachlassen der Druckfestigkeit und später zu offenem Treiben. Diese Erscheinungen offenbaren nach meiner Ansicht gewisse Zusammenhänge swischen Zugfestigkeit, Druckfestigkeit und Raumbeständigkeit, und hierauf zielte ich, wenn ich an früherer Stelle sagte, dass man zu neuen Gesichtspunkten für die Ansprüche, die an einen Zement hinsichtlich seiner Raumbeständigkeit zu stellen sind, nur auf dem Umwege über Festigkeitszusammenhänge gelangen werde.

Übrigens scheint es, als wenn diese Beziehungen zwischen Festigkeit und Raumbeständigkeit noch viel mannigfaltiger sind, als dass sie sich nur in dem Verhältnis von Druckfestigkeit zu Zugfestigkeit äussern sollten. Auch die merkwürdigen Erscheinungen, die bei der Wechselerhärtung der Zemente in Wasser und an der Luft beobachtet werden, Erscheinungen, die besonders von Gensbaur an Sandmörtelproben studiert sind, und zu denen Prüssing einen wertvollen Beitrag durch seine oben erwähnten Beobachtungen an Proben aus reinem Zement lieferte, dürften geeignet sein, unser Wissen über die wechselseitige Bedingtheit von Festigkeit und Raumbeständigkeit zu vermehren. Handelt es sich hier auch um noch wenig beackertes Neuland, so sollte man doch die Wichtigkeit dieser Beziehungen nicht übersehen! An einem grösseren Zahlenmaterial, wie es besonders den staatlichen Materialprüfungsstellen vielfach zur Verfügung steht, dürften sich bei systematischer Bearbeitung auf dem Wege über die Statistik vielleicht jetzt schon interessante Einblicke in diese heute noch vielfach dunklen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Festigkeitswerten und der Raumbeständigkeit der Zemente gewinnen lassen. Erst wenn die Wissenschaft diese Zusammenhänge aufgeklärt hat, werden wir vielleicht daran denken können, aus ihnen neue Vorschriften für die Anforderungen an Festigkeit und Raumbeständigkeit der Zemente herzuleiten.

Zurückgestellte Artikel.

Wir bedauern, dass in dieser Nummer infolge starken Mangels an Raum es notwendig gewesen ist, einen grossen Teil des vorliegenden Materials bis zur Ausgabe des nächsten Heftes zurückzustellen.

Wichtige Zementeigenschaften, für die der Zementverbraucher vom Lieferer noch keine Gewährleistung erhält.

Von PROFESSOR OTTO GRAF (Stuttgart).

ALLE Materialuntersuchungen, also auch die Normenprüfung, sollten nach Möglichkeit so durchgeführt werden, dass die Ergebnisse der Prüfung ausreichend auf die Wirklichkeit übertragen werden können. Diese Forderung ist bei der Zementprüfung nur zu einem Teil erfüllt.

Die Druckfestigkeit und die Zugfestigkeit, welche in der Regel ermittelt werden, gilt für Mörtel, die praktisch nur ausnahmsweise vorkommen. Die Erfahrung lehrt dementsprechend, dass die Normendruckfestigkeit und auch die Normenzugfestigkeit zwar mit mehr oder minder guter Annäherung ein Bild der Leistungsfähigkeit der Zemente im Beton geben, gelegentlich aber auch irreführen.[1] Es sind in verschiedenen Ländern Untersuchungen durchgeführt oder noch im Gang, welche erkennen lassen oder Richtlinien geben sollen, wie die Normenprüfung in Bezug auf die Druckfestigkeit und Zugfestigkeit zu verbessern ist. Unbestritten ist, dass die Verwendung weich angemachter Mörtel mit gemischtkörnigen Sanden zweckmässig wäre.[2]

Das Schwinden und Quellen des Betons gibt Anlass, in den grossen Bauwerken (Hochbauten, Staumauern), auch in Betonstrassen Fugen anzuordnen, um Schwindrisse zu vermeiden; in anderen Fällen ist wenigstens ein sorgsames Feuchthalten zur Verzögerung und Verringerung des Schwindens nötig. Alle diese Vorkehrungen verursachen erhebliche Kosten. Deshalb würde ein wesentlicher Fortschritt zu verzeichnen sein, wenn Zement geliefert würde, der geringes oder gar kein Schwinden des Betons verursachen würde.

Die Widerstandsfähigkeit des Betons gegen angreifende Wässer ist abhängig von der chemischen Zusammensetzung der Zemente, ohne dass bis jetzt eine hinreichende Klarstellung der Zusammenhänge vorliegt. Z.B. habe ich die Auffassung, dass der Kalkgehalt der Zemente für die Widerstandsfähigkeit in Sulfaten in erster Linie massgebend sei, bei Versuchen und in Bauwerken wiederholt nicht bestätigt gefunden.

Die Wasserundurchlässigkeit des Betons ist abhängig von den Zementeigenschaften. Unter sonst gleichen Umständen habe ich mit einzelnen Zementen Beton erhalten, der bei 6 cm dicken Platten gegen 7 at Wasserdruck undurchlässig blieb, während mit anderen Zementen schon bei 1 at Wasser durchtrat.[3] Die Auswahl der Zemente für Behälter und dergl. bedarf deshalb einiger Aufmerksamkeit. Alte Baumeister kennen die hier besonders geeigneten Zemente durch Erfahrung; der aufmerksame Techniker vermag die Zemente bei der Verarbeitung zu unterscheiden. Besser wäre eine wissenschaftliche Klarstellung der Bedingungen, soweit sie die Zusammensetzung und Herstellungsart der Zemente usf. beeinflussen.

[1] Vergl. z.B. G r a f, Tonindustriezeitung 1927, S. 1564 uf., ferner Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1929, S. 1401.

[2] Vergl. u.a. Tonindustriezeitung 1927, S. 1564 uf.

[3] Entwurf und Berechnung von Eisenbetonbauten, Band 1, S. 41 uf.

Mit diesen Beispielen wird erinnert, dass die Eigenschaften der Werkstoffe in hohem Mass von den jeweils geltenden Abnahmeprüfungen beeinflusst werden. Auch bei den Zementen werden in erster Linie die Eigenschaften gepflegt, die üblicherweise geprüft werden. Eine sachgemässe Änderung der Abnahmevorschriften beschleunigt deshalb den Fortschritt.

Eine Moderne Japanische Zementanlage.

An der Westküste Japans, etwa 300 km von Tokio entfernt, befinden sich an der Nanao Bucht grosse Lager von Zementrohmaterial und zwar Kalkmergel, Kalkstein und Ton; hier wurde in den Jahren 1927 bis 1929 eine neue Portlandzementfabrik für eine Jahresleistung von 150,000 t erbaut.

Die Lieferung der Maschinen wurde der Firma G. Polysius, Aktiengesellschaft übertragen. Auf Grund jahrzehntelanger Erfahrung in der Einrichtung von Zementfabriken ist ein völlig neuzeitliches, mustergültiges Werk entstanden, das sich längs der Nanao Bucht in rd. 400 m Länge erstreckt und eigenen Gleisanschluss besitzt. Entsprechend den vorliegenden Rohstoffen und Produktionsbedingungen wurde für die Aufbereitung das Dickschlammverfahren gewählt; die Nanao-Portland-Cement Co., ist somit die erste japanische Zementfabrik, die von vornherein nach dem Nassverfahren eingerichtet wurde.

Der Hauptrohstoff, ein Kalkmergel von sehr günstiger Zusammensetzung, wird in der Nähe des Werkes gebrochen und durch eine Fabrikbahn nach dem Werk gefördert, wo er durch einen Trogförderer einem Spezialbrecher aufgegeben wird. Hier wird der Mergel weitgehend zerkleinert und darauf durch ein Stahltransportband und Becherwerk nach den Vorratsbehältern über den Rohmühlen gefördert.

Der als Zuschlag dienende Ton wird vom gegenüber liegenden Ufer der Nanao Bucht in Lastkähnen durch einen Schleppdampfer herangebracht, mittels Laufkranes entladen und durch einen fahrbaren Drehkran mit Greiferausrüstung in die aussen liegenden Fülltrichter der Schlämmerei geschüttet. Aus diesen wird der Ton in zwei Schlämmaschinen abgezogen und unter entsprechendem Wasserzusatz zu Schlamm verarbeitet. Aus den Schlämmaschinen fliesst der Tonschlamm in eine Sammelgrube und von da nach einem Doppelpressor, der ihn mittels Druckluft in Behälter über den Rohmühlen fördert.

Der als Korrekturmittel benutzte Kalkstein wird in einem rd. 10 km entfernten Steinbruch gewonnen und mit einer Drahtseilbahn nach dem Werk gefördert, wo er in einem Spezialbrecher zerkleinert wird. Von hier wird der gebrochene Kalkstein über Becherwerke nach den Vorratsbehältern über den Rohmühlen gefördert.

Zerkleinerter Mergel, Tonschlamm und gebrochener Kalkstein werden gemeinsam in 2 Dreikammer „ Solo "-Mühlen von 2,2 m und 12 m Länge aufgegeben und unter entsprechendem Wasserzusatz zu einem Rohschlamm von höchster Feinheit vermahlen. Dieser wird durch 2 Doppelpressoren nach der

Feinmischerei gepresst, wo er in 8 Eisensilos nach dem selbsttätigen Druckluft-Schlamm-Mischverfahren homogenisiert wird. Die Luftzufuhr wird dabei durch den Steuerapparat „ Regulex " geregelt. Darauf fördern 2 Doppelpressoren den fertigen Schlamm in Silos, aus denen er in die Öfen fliesst.

In zwei „ Solo " Drehöfen von 70 m Länge mit erweiterter Brennzone und direkt angebauter Kühlzone wird der Schlamm in einem Arbeitsgang getrocknet, kalziniert, gesintert und anschliessend der Klinker gekühlt. Zum Unterschied von Ofenbauarten mit getrennter, darunter liegender Kühltrommel, liegen „ Solo " Oefen zu ebener Erde, sodass keine Laufstege und Bühnen die Übersichtlichkeit beeinträchtigen.

Die elastischen „ Pol "-Antriebe und die wassergekühlten Schöpfschmierlager der Laufrollen gewährleisten einen ruhigen und sicheren Gang. In die Kühlzone sind Wärmeaustauschkörper eingebaut, die die Kühlung des Klinkers und die Vorwärmung der Verbrennungsluft weitgehend fördern, ohne dass dadurch die Beobachtung des Brennvorganges gestört wird. Die Verbrennungsluftzufuhr wird durch Luftrosetten geregelt. Besondere Dichtungsringe zwischen Rauchkammer und Ofen verhindern den Zutritt von Falschluft. Die Oefen werden mit Kohlenstaub der in einer besonderen Anlage hergestellt wird, geheizt.

Die für die Ofenfeuerung erforderliche Kohle wird in 2 freiliegenden Kohlentrockentrommeln getrocknet und anschliessend in 2 Dreikammer-Solomühlen vermahlen. Der fertige Kohlenstaub wird durch eine Druckluftförderanlage in die Silos der Drehofenfeuerungen gedrückt. Aus diesen wird er mittels Doppelschnecken in die Brenndüsen eingeführt und durch Hochdruckventilatoren in die Oefen geblasen. Mit Rücksicht auf die sehr gasreiche Kohle wurde eine besondere Düsenausführung angewendet.

Der Klinker gelangt über Schüttelrinnen und Becherwerke nach der Klinkerhalle. Durch über die ganze Halle verteilte Entleerungstrichter kann der Klinker auf 2 unter der Halle laufende Stahltransportbänder abgezogen werden. Von hier gelangt der Klinker über Becherwerke und nach Durchlaufen von selbstätigen Waagen in die Silos über den Zementmühlen. Klinker und Gips werden durch getrennte Tellerbeschickungsapparate den Zementmühlen in genau einstellbarer Menge zugeführt. Die zwei Dreikammer-Solomühlen von 2.2 Durchmesser und 12 m. Länge vermahlen das Klinker-Gipsgemisch zu einem Zement von höchster Feinheit. Dieser wird mit Druckluftpumpen nach dem Zementspeicher gefördert, der aus 6 runden Betonzellen von 10 bzw. 20 m. besteht.

Mit Hilfe von selbstätigen Sack-und Fasspackmaschinen und zweckmässigen Verladeeinrichtungen werden Verpackung und Versand des Zementes in wirtschaftlicher Weise durchgeführt.

Reichlich bemessene Entstaubungsanlagen sorgen in den Mahlanlagen für einen praktisch staubfreien Betrieb, sodass Materialverluste und Belästigung der Bedienung durch Staub vermieden werden. Ein neuzeitlich eingerichtetes

Laboratorium mit Versuchsdrehofen dient der steten Kontrolle der Zementherstellung. Reparaturwerkstätten, Fassfabrik, Kompressoren-, Transformatorenanlage und Verwaltungsgebäude vervollständigen die Anlage. Bei der Ausführung der Anlage wurde bereits auf eine spätere Erweiterung Rücksicht genommen. Die Gebäude sind so bemessen, dass sich die nachträgliche Aufstellung je einer Nass-und Zementmühle jederzeit ohne bauliche Änderungen durchführen lässt.

Bei der Auswahl und Anordnung aller maschinellen Einrichtungen war der Gedanke massgebend, möglichst mehrere Arbeitsvorgänge in Maschineneinheiten von hoher Leistung und Wirtschaftlichkeit zusammenzufassen und den ganzen Fabrikationsprozess durch Zwischenschaltung entsprechender mechanischer oder pneumatischer Fördermittel vollkommen automatisch zu gestalten. So ist es auch zu erklären, dass in dem eigentlichen Produktionsgang nur ca. 25 Mann pro Schicht beschäftigt werden.

Abb. 1 (siehe Seite 36), Einsegnung der Drehöfen bei Montagebeginn; Abb. 2 (seihe Seite 37), Gesamtanicht des Werkes, Seeseite; Abb. 3 (siehe Seite 38) Antriebsmotoren für Roh- und Zementmühlen; Abb. 4 (siehe Seite 38), Pressoren für die pneumatische Schlammförderung; Abb. 5 (siehe Seite 39), Steuerapparate „Regulex" für automatische Druckluftschlammischerei; Abb. 6 (siehe Seite 39), „Solo"-Ofen mit Kohlenstaubfeuerungen; Abb. 7 (siehe Seite 40), „Solo-Mühlen für Zement, D. R. P. und Auslandspatente; Abb. 8 (siehe Seite 40), Saugschlauchfilter zur Entstaubung der Zementmühlen.

ANMERKUNG DER SCHRIFTLEITUNG.

Der Herausgeber der internationalen Zeitschrift „Cement and Cement Manufacture" fordert die Leser dieser Zeitschrift auf, ihm Artikel zur Veröffentlichung zur Verfügung zu stellen. Das Manuskript kann in englischer französischer, deutscher oder spanischer Sprache eingereicht werden und wird in die drei anderen Sprachen durch Fachleute übersetzt.

Es werden Abhandlungen erbeten über alle neuen Gedanken oder Entwicklungen in der Herstellung, Chemie oder Prüfung von Zement oder über verwandte Themata, die für die Zementindustrie von allgemeinem Interesse sind. Beschreibungen und Ansichten neuer, in allen Teilen der Welt errichteter Zementfabriken sind ebenfalls willkommen. Für alle Beiträge wird hohes Honorar gezahlt.

Die Hersteller von Zementmaschinen sind ebenfalls aufgefordert, Mitteilungen und Ansichten zur Verfügung zu stellen, welche sich auf neue von ihnen erbaute Werke und Neueinrichtungen ihrer Fabriken beziehen. Derartige Beiträge sind eingeschrieben zu senden an den Herausgeber von „Cement and Cement Manufacture," Dartmouth Street 20, Westminster, London, S.W.1 (England).

Der Drehofen bei der Zementherstellung.

Von W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

DIESE Serie von Aufsätzen bezweckt, den Drehofen hauptsächlich vom Gesichtspunkt der Leistung und des rationellen Brennstoffverbrauchs zu behandeln, und es soll ein Versuch gemacht werden, diejenigen Regeln zu erläutern, welche das Mass der Wärmeübertragung von den heissen Gasen auf das Rohmehl im Ofen und vom heissen Klinker auf die, den Kühler passierende Luft bestimmen.

Wenn man die grösstmögliche Leistung bei geringstem Brennstoffverbrauch erreichen will, so muss sorgfältig auf eine Anzahl von Einzelheiten, die so weit wie möglich aufgezählt und behandelt werden sollen, geachtet werden. Um dieses Ziel zu erreichen, wollen wir als Grundlage einen, nach dem Nassverfahren arbeitenden Drehofen von 200 Fuss Länge betrachten. Dieses ist eine Länge, die viel in den letzten Jahren benutzt worden ist, obwohl, wie bekannt, beträchtlich längere Oefen heute ebenfalls in Betrieb sind.

Einen typischen Aufriss zeigt Abbildung 1 (siehe Seite 41). Die Hauptbestandteile des Ofens können durch Hinzuziehung der, in der Abbildung gegebenen Einzelheiten ermittelt werden. Jn der folgenden Beschreibung werden verschiedene Werte angeführt, die man als typisch für guten Normalbetrieb ansehen kann.

Der Ofen besitzt im allgemeinen einen Durchmesser von 8 Fuss 6 Zoll, während die Sinterzone 10 Fuss Durchmesser und 39 Fuss Länge hat. Der Kühler ist 66 Fuss lang und hat einen Durchmesser von 6 Fuss. Der Ofen ist im Verhältnis 1 : 24 geneigt; er ist auf 4 Laufringen gelagert und macht in der Minute ungefähr 0.85 Umdrehungen.

Beim Nassverfahren tritt das Rohmehl bei J durch ein Rohr in Form von Schlamm ein und passiert langsam den Ofen hinunter, wobei etwa 2½ Stunden von dem einen bis zu dem anderen Ende gebraucht werden. Die Feuchtigkeit verdampft, die Kohlensäure wird ausgetrieben und der Rest des Materials wird gesintert; die in der Sinterzone erreichte Höchsttemperatur beträgt etwa 2500° F.

Das Rohmaterial nimmt ungefähr 7.5 Prozent des Gesamtinnenvolumens ein. Wenn der Klinker den Ofen mit einer Temperatur von ca. 2200° F. verlässt, so passiert er anschliessend den Kühler und wird alsdann an die Kastentransporteure (K) mit einer Temperatur von 200° F. und darunter abgegeben. Die Umlaufgeschwindigkeit der Kühltrommel beträgt etwa 5 Touren in der Minute.

Der Ofen wird mit bituminöser Kohle, welche am unteren Ende durch das Gebläsebrennrohr (E) eintritt, befeuert. Die zur Verbrennung der Kohle zugeführte Luft beträgt gewöhnlich nicht mehr als 5-10 Prozent über die, nach der Kohlenanalyze zur vollständigen Verbrennung, notwendige Menge.

Von der gesamten Luftzufuhr werden etwa 20 Prozent benötigt, um die Kohle in den Ofen zu blasen, während der Rest durch den Kühler angesaugt wird, in welchem er zunächst den Klinker abkühlt und selbst so erwärmt wird, dass er in den Ofen mit einer Temperatur von ca. 800° F. eintritt.

Bei Betrachtung der Werte für Luft- und Kohlenzufuhr, wollen wir annehmen, dass der, mit erweiterter Sinterzone ausgerüstete Ofen eine stündliche Leistung von 8 t Klinker aufweist. Wenn trockne Kohle von einem Wärmewert mit 12600 brit.WE per Pfund verwendet wird, beträgt der Brennstoffverbrauch

ungefähr 27 Prozent des fabrizierten Klinkers, also:

$$\text{Kohle per Stunde in t} = \frac{27 \times 8}{100} = 2.16$$

$$\text{Kohle per Minute in Pfund} = \frac{2.16 \times 2.240}{60} = 80.6$$

Die, einschliesslich 10 Prozent Ueberschuss zur Verbrennung, nötige Luft beträgt ca. 10 Pfund per Pfund Kohle (fast genau), also:

Luft per Minute = 806 Pfund.

Wie vorher erwähnt teilt sich diese Menge wie folgt auf:

Zum Einblasen von Staubkohle (20% etwa) ...	161 Pfund
Luft durch den Kühler ...	645 Pfund
Gesamt	806 Pfund in der Minute.

Die Abgase in einem, mit einer angemessenen Zahl von Schlammverteilern ausgerüsteten Ofen besitzen eine Temperatur von ungefähr 750° F. Es war bis in neuere Zeit hinein im allgemeinen nicht bekannt, dass die Temperatur der Abgase so hoch, wie mitgeteilt, ist. Nachdem die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand gelenkt worden war, wurden Anstrengungen gemacht, diese Temperatur herabzusetzen, über deren Ergebnis später berichtet werden soll.

Charakterische Wärmebilanz.

Die Art, in welcher die Kohle verwendet wird beziehungsweise verloren geht, möge aus einer Wärmebilanz in zusammengedrängter Form wie folgt ersehen werden:

	In Prozent auf Klinker berechnet.
(1) Wärmeverbrauch zur Verdampfung des im Schlamm enthaltenen Wassers (40%) bei 212°F.	8.86
(2) Wärmebedarf zur Spaltung von $CaCO_3$ bei 1650°F. ...	7.10
(3) Strahlungsverlust beim Ofen und Kühler	3.76
(4) Wärme im Klinker beim Verlassen der Kühltrommel ...	0.24
(5) Wärmeverlust in den Abgasen (750°F.), welcher Verbrennungsprodukte, Wasserdampf und CO_2 umfasst	8.00
Gesamt	27.96
Davon ab für die exotherme Reaktion beim Sinterungsprozess	1.50
Normalkohlenverbrauch in Prozent	26.46

Die einzelnen Punkte der Wärmebilanz sollen in einem späteren Artikel im Einzelnen behandelt werden.

Trockne Kohle von 7000 Kalorien oder 12600 brit.WE. ist als Normalkohle angesehen worden; die Wärmemengen werden für die Zwecke von Drehofenversuchen bequem in Normalkohle angegeben unter Berechnung in Prozent des fabrizierten Klinkers. So beträgt zum Beispiel bei Punkt 5 der Wärmebilanz der Wärmeverlust in den Abgasen 8 t Normalkohle per 100 t Klinker; im allgemeinen würde dieses damit ausgedrückt werden, dass man erklärt, der Abgasverlust beträgt 8 Prozent des Klinkers. Wenn der Ofen stündlich 8 t Klinker liefert, so ist der tatsächliche Verlust:

$$8 \times 2.240 \times \frac{8}{100} \times 12600 = 18.063.360$$

brit.WE. in der Stunde.

Der Verlust durch die Abgase und ähnliche Einflüsse ist berechnet bei einer oberhalb 60° F. liegenden Temperatur und der kalorische Wert der Kohle ist auf der gleichen Zahl basiert. Der Normalkohlenverbrauch jedes Ofens wird aus dem gemessenen tatsächlichen Kohlenverbrauch nach angemessener Korrektur für deren Feuchtigkeitsgehalt und deren kalorischem Wert ermittelt.

Die angegebenen Werte können als charakteristisch gelten für einen gut arbeitenden, 200 Fuss langen Ofen, der etwa 400 Quadratfuss Schlammverteilerfläche enthält. Der Verfasser

hat diese Zahlen aus sorgfältig angestellten, über eine Reihe von Wochen ausgedehnten Versuchen erhalten.

Einzelheiten des Ofens.

Zunächst soll die Aufmerksamkeit auf einige wichtigere Einzelheiten, welche das günstige Arbeiten eines Ofens beeinflussen, gelenkt werden.

Rohschlammzufuhr.

Es ist sehr wünschenswert eine verlässliche Apparatur zu besitzen, mittels welcher der Rohmehlschlamm dem Ofen in gleichmässiger Weise zugeführt werden kann. Wenn bei voller Ausnutzung der Leistung des Ofens überschüssige Mengen an Rohmehlschlamm der Sinterzone zugeführt werden, was auf unregelmässige Zufuhr zurückzuführen ist, so kann diese überschiessende Menge nicht in befriedigender Weise gesintert werden; es kann vorkommen, dass der Ofen angehalten werden muss und damit viel Kohle verloren geht.

Zwei gut bekannte Typen von Rohmehlzufuhrapparaten sind im Folgenden beschrieben:

(1) *Regulierbare Oeffnung mit konstantem Niveau.*—Ein Diagramm der Apparatur zeigt Abbildung 2 (siehe Seite 44). Die Abbildung und die Einzelbezeichnungen erklären die allgemeine Anordnung.

Das Niveau des Rohmehlschlamms wird auf 30 Zoll Höhe gehalten. Die Zufuhr wird reguliert durch den Schalthebel (F), der sich gegen einen geteilten Viertelkreis bewegt und mehr oder minder ein verlängertes Mundstück öffnet, das aus einer Schieberplatte von Messing besteht.

Auf seinen Wege zum Ofen passiert der Rohmehlschlamm den Messbehälter (H); gewöhnlich ist der konische Holzpfropfen nicht eingesetzt; wenn jedoch die Messung der Zufuhrmengen an Schlamm notwendig ist, so kann der Pfropfen schnell eingesetzt werden und die Zeit welche verfliesst, bis der Schlamm das Ueberlaufniveau erreicht, wird mittels einer Stopuhr gemessen. Um die Berechnung vollständig zu machen, muss das Fassungsvermögen des Schlammbehälters in äquivalenten Klinkermengen bekannt sein. Mit Bezug auf die Ofenleistung ist diese Art der Messung nur eine angenäherte.

Diese Art von Apparaturen ist von dem Verfasser oft geprüft worden, und es ergab sich im allgemeinen, dass die Schlammzufuhr durch ein bestimmt dimensioniertes Mundstück, obwohl häufig gleichmässig, doch innerhalb von 24 Stunden zwischen 5 und 8 Prozent schwanken konnte. Gelegentlich wurden noch grössere Abweichungen festgestellt, indessen dürften Versuche, welche sich über einen beträchtlich grossen Zeitraum zu erstrecken hätten, notwendig werden, um eine angemessene Erklärung für diese Erscheinung zu erhalten.

Da ein Mangel an Gleichmässigkeit in der Schlammzufuhr die Ofenleistung beeinträchtigt, dürften entsprechend ausgedehnte Versuche dort, wo dieser Typ von Apparaten einmontiert ist, sehr nützlich sein. Um die Schlammzufuhr zu regulieren, muss der Brenner von der Brennplattform nach dem Schlammzufuhrbehälter gehen, doch ist dieses kein Nachteil, da Regulierungen nicht oft notwendig sein sollten und unerwünscht sind. Wenn der Ofen aus irgend welchem Grunde zeitweilig angehalten werden muss, kann die Entleerungsschütte (G) abgelenkt werden und zwar von der Brennplattform aus mittels eines Drahtseils, worauf der Rohmehlschlamm durch das Ueberlaufrohr alsdann zu den Mischbehältern zurückfliesst.

Die Vorteile dieser Art von Schlammzufuhr bestehen (*a*) in ihren verhältnismassig niedrigen Anschaffungskosten und (*b*) darin, dass zu ihrem Betriebe keine Kraft benötigt wird.

(2) *Rotierende Schlammzuführer.*—Die in Abbildung 3 (siehe Seite 46)

wiedergegebene Schlammzufuhrmethode misst durch Rotation ein bestimmtes Volumen an Schlamm ab so, dass ihre tatsächliche Genauigkeit durch keine irgend wie mögliche Schwankung in der Fliessbarkeit des Schlamms beeinträchtigt wird. Die Abbildung wie auch die zugehörigen Fussnoten erläutern die allgemeine Anordnung dieser Art von Apparatur. Der Schlamm wird in die eine Abteilung des Zufuhrtanks (A) gepumpt und zwar mehr als der Ofen jeweilig erfordert; dieses Mehr entweicht durch eine Oeffnung (C) an einem Ende. Das Schlammniveau in Tank ist wirklich das von G. Jedes Schöpfen liefert ein bestimmtes Schlammvolumen an ein Behältnis der Mitteltrommel (E), aus deren einem Ende dieses Volumen in eine zweite Abteilung des Tanks gelangt, und von wo es dann weiter durch das Aufgaberohr (I) in den Ofen kommt. Das Schöpfrad wird gewöhnlich angetrieben durch einen, mit 15 Touren in der Minute laufenden Motor mit zahnradübertragung.

Die Regulierung der Geschwindigkeit und damit der Schlammzufuhr durch eine, mit verschiedener Schnelligkeit einstellbare Kontrollapparatur von der Brennplattform aus ist nicht völlig befriedigend, und bei Wechselstrom besteht eine gewisse Schwierigkeit eine genügend schnelle Aenderung der Geschwindigkeit zu erzielen, obwohl nur geringe Zufuhr notwendig ist, wenn der Ofen nach längerem Stillstand zu arbeiten beginnt.

Eine andere Methode besteht darin, die untere Kante (G) der Ueberlauföffnung vertikal regulierbar zu machen mittels eines durch Schraube verstellbaren, gleitbaren Schiebers. Durch niedrigeres Schlammniveau im Zufuhrtank kann für die Zwecke der Jnbetriebsetzung bei normaler Geschwindigkeit des Abtriebmotors eine langsame Schlammzufuhr erhalten werden. Es wird auf der Brennplattform dann lediglich ein Schalter benötigt, um den Motor an- und abzustellen.

Jn der Praxis ist es nicht üblich, ein Verfahren festzulegen, durch welches jeder Zeit das Schlammvolumen, das mit den Umdrehungen des rotierenden Zuführers zugeführt wird, fertig erhalten wird so, dass seine Gleichmässigkeit unter verschiedenen Bedingungen des Feuchtigkeitsgehalts und der Fliessbarkeit, und vielleicht richtig, angenommen worden ist.

Kohlenzufuhr.

Wir wollen voraussetzen, dass die Kohle bis zu einem Feuchtigkeitsgehalt von 1 Prozent getrocknet, zu einem Rückstand von 10 Prozent auf dem 180er Siebe vermahlen und in einem über der Brennplattform angeordneten Fülltrichter eingelagert ist. Eine gute Anordnung der Kohlenzufuhr zeigt Abbildung 4 (siehe Seite 47). Die Oeffnung am Boden des Fülltrichters sollte nicht kleiner als 2 Fuss zu 1 Fuss 6 Zoll sein. Zwei Schnecken werden benutzt; sie mögen so viel wie 70 Prozent des Rauminhalts gemäss ihrem Durchmesser und ihrer Neigung abziehen. Die Windungen der Schnecken werden grösser, sofern sie nicht unter dem Fülltrichter liegen. Die Schnecken werden gewohnlich durch einen Mechanismus mit verstellbarer Geschwindigkeit angetrieben, der es erlaubt, die Umdrehungen in der Minute eng an einen Spielraum zwischen 2 und 1 oder an einen solchen von ähnlichem Verhältnis anzupassen. Häufig wird ein Rees —Antrieb oder eine Friktionskupplung benutzt. Die Schnecken befördern die Kohle in ein trichterförmiges Gussstück (E) im Kohlenfeuerungsrohr. Die Stelle, wo die Kohle eintritt ist eine Zone hoher Luftgeschwindigkeit und folglich auch eine solche von niedrigem Druck; es kann daher vorkommen, dass in den Kohlenzufuhrschnecken eine geringe Saugwirkung bei entsprechender Konstruktion vorhanden ist.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass eine Tendenz zum Zusammenbacken der Kohle im unteren Teile des Fülltrichers (A) besteht und weiter eine solche, dass die Kohle hängen bleibt so, dass teitweise die Zufuhrschnecken nicht die Menge Kohle fördern, die man nach ihrer Neigung und ihrem Durchmesser erwarten sollte. Diese Defizit steigert sich, wenn die Kohle nicht ordentlich getrocknet ist. Eine derartige Erscheinung macht sich in der Sinterzone ohne offensichtlichen Grund durch einen Temperaturabfall bemerkbar. Wenn weiter der Fülltrichter teilweise geleert ist, so kann sich in der Mitte ein Hohlraum bilden; nach einer gewissen Zeit fällt das umgebende Material in sich zusammen, und die feingemahlene Kohle besitzt die Tendenz, wie Wasser hinter den Zufuhrschnecken herzufliessen und so weiter in das Kohlenstaubfeuerungsrohr. Der Ueberschuss an Kohlenzufuhr macht sich dann durch Aufsteigen van schwarzem Rauch aus dem Schornstein bemerkbar.

Bei der in Abbildung 4 gezeigten Anordnung macht die Verwendung von zwei Schnecken, die so nahe wie möglich an dem Boden einer möglichst grossen Oeffnung angebracht sind, das Bestreben der Kohle, hängen zu bleiben, möglichst gering; überdies sind Schürlöcher vorgesehen. Eine plötzliche, ruckweise Zufuhr von Kohle wird teilweise vermieden, indem man den Zwischenraum zwischen Schnekkenspirale und Gehäuse (D) möglichst klein macht; das letztere sollte ausgebohrt sein. Jedoch selbst dann lässt sich gelegentlich plötzliche und ruckweise Kohlenzufuhr nicht immer verhindern, und es hat sich als wünschenswert und allgemein wirksam herausgestellt, den Fülltrichter stets voll oder wenigstens beinahe voll zu halten.

Verschiedene andere Konstruktionen zur Verhinderung dieser ruckartigen Zufuhr sind verwendet worden, der Verfasser hat indessen festgestellt, dass die verhältnismässig einfache in Abbildung 4 gezeigte Anordnung voll befriedigend ist, wenn auf die vorher erörterten Punkte geachtet wird.

Kohlenstaubdüse: Die Kohle kann in den Ofen durch eine 7 Zoll Durchmesser besitzende Düse eintreten, wobei die Luftgeschwindigkeit etwa 150 Fuss in der Sekunde und die Temperatur der Luft 150°F. beträgt. Eine gewöhnliche, kreisförmige Düse ist alles, was notwendig ist, trotzdem verschiedene andere Konstruktionen auch ausprobiert worden sind. Unter den obigen Bedingungen liegt die Sinterzone an der richtigen Stelle im Ofen. Jst die Kohle trocken und sehr fein gemahlen und wird heisse Luft, zum Einblasen verwendet, so kann die Verbrennung zu schnell erfolgen. Die Sinterzone befindet sich dann nicht in genügender Entfernung vom Ofenende so, dass der Brenner nicht in der Lage ist, ungar gebrannte Klinker durch Regulierung gar zu brennen.

Kontrolle des Brennprozesses.

Der am unteren Ende des Ofens stehende Brenner überwacht den Sinterungsprozess durch ein Loch im Ofenkopf, indem er hierzu gefärbte Glasplatten benutzt. Seine Hauptaufgabe ist es, darauf zu achten, dass das Material an der Stelle des Ofens, an der gewöhnlich die Sinterung stattfindet, also einige 20 Fuss vom Ofenende entfernt, die richtige Temperatur erreicht. Dieses kann nach der Farbe beurteilt werden. Der Brenner ist in der Lage, das Material bis zu 15-20 Fuss jenseits der Sinterzone zu sehen, und auf dieser Strecke wechselt die Farbe augenfällig, indem das Material weissglühend wird, wenn die Sinterung vollständig ist.

Bei gleichmässiger Schlammzufuhr, welche auf die richtige Umdrehungsgeschwindigkeit des Ofens eingestellt ist, kann die Umdrehungszahl in der Minute der Kohlenzuführungsschnecken gleichmässig bleiben. Beim

Nassverfahren kann eine solche Gleichmässigkeit 2-3 Stunden und noch länger andauern. Das Gleichgewicht wird gestört, wenn Staubkohle in dem zuführenden Trichterbehälter hängen bleibt oder ein kleiner Klinkerringansatz ausbricht, wodurch überschüssiges Material den Ofen herunter kommt. Wenn offensichtlich ist, dass das, der Sinterzone sich nähernde Material nicht genügend hoch erhitzt wird, so vermehrt der Brenner gewöhnlich die Kohlenzufuhr und reduziert zur gleichen Zeit die Umdrehungsgeschwindigkeit des Ofens. Das Mass, in dem sich das Material der Sinterzone nähert—gewöhnlich etwa 16 Zoll in der Minute bei einem 200 Fuss langen Ofen—wird dann so lange verlangsamt, und die Temperatur in der Sinterzone erhöht; in wenigen Minuten werden die Betriebsbedingungen wieder normal, ohne dass ungar gebranntes Material den Ofen verlässt.

Bei einem mit voller Leistung arbeitendem Ofen ist es jedoch nicht leicht, die Temperatur bei oder in der Nähe der Sinterzone zu steigern, da Zeit und genügend Oberfläche fehlen. Der grösste Teil der, durch mehr Kohle erzeugten Hitze wird auf das Material erst weiter oben im Ofen übertragen. Wenn die Sonderzufuhr an Kohle 10 Prozent überschreitet, kann es vorkommen, dass nicht genügend Luft zur Verbrennung anwesend ist, und aus dem Schornstein steigt entsprechend schwarzer Rauch auf.

Bei normalen Temperaturabfällen in der Sinterzone sollte es nicht notwendig sein, die Schlammzufuhr zu drosseln, da das Material 2½ Stunden braucht, um den Ofen zu passieren. Zudem würde jede temporäre Reduktion der Schlammzufuhr die Situation in der Sinterzone erst lange, nachdem der Ofen wieder normale Temperatur erreicht hat, beeinflussen. Der Verfasser hat grosse Ausfälle an Klinkerleistung erlebt, welche aus dieser Veranlassung entstanden sind.

Neigungsverhältnis sowie Umdrehungsgeschwindigkeit des Ofens und Grösse der Charge.

Die üblichen Werte bei einem 200 Fuss langen Ofen, wie wir ihn hier behandeln, würden für die Neigung gegen die Horizontale 1 : 24 und für die Umdrehungsgeschwindigkeit 0.85 Touren in der Minute betragen. Die Praxis zeigt, dass der trockne Einsatz im Ofen ungefahr eine Lage, wie sie Abbildung 5 (siehe Seite 49) darstellt, einnehmen wird, wobei sich ACB im natürlichen Neigungsverhältnis des Materials befinden. Die Menge des Einsatzes, die durch die Fläche ACBD im Querschnitt dargestellt wird, dürfte etwa 7½ Prozent des lichten Ofeninhalts ausmachen. Dieses trifft für die normale Dimensionierung der Sinterzone zu. Gemäss der Drehung des Ofens bewegt sich das Rohmaterial in der Pfeilrichtung.

Wenn man annimmt, dass das Material im ganzen Ofen trocken ist und keine chemischen Veränderungen erleidet, so ist offenbar der

$$\frac{\text{Gesamteinsatz in t}}{\text{stündliche Zufuhr in t}}$$

=der Zeit, welche das Rohmehl im Ofen ist.

Wenn man die tatsächlichen Verhältnisse in einem nach dem Nassverfahren arbeitenden Ofen betrachtet, so muss die Berechnung für jede Zone einzeln ausgeführt werden, das heisst (a) Wasserverdampfung, (b) Steigerung der Temperatur, (c) Aufspaltung von $CaCO_3$ und (d) Steigerung der Temperatur. Bei einem 200 Fuss langen Ofen beträgt die Menge des Einsatzes an Material 7½ Prozent und die zum Durchsatz notwendige Zeit 2½ Stunden.

Da experimentell erwiesen ist, dass sich die Leistung eines Ofens von verschiedenster Dimensionierung ungefähr proportional dem lichten

Jnnenvolumen verhält, wenn wir voraussetzen, dass die aufgegebene Menge im Verhältnis stets die gleiche, zum Beispiel 7½% ist, so folgert hieraus, dass das Rohmehl alle Oefen, längere oder kürzere, in der gleichen Zeit, nämlich in 2½ Stunden passiert. Es ist beabsichtigt, dieses Problem experimentell zu klären und auf den Gegenstand in einem späteren Artikel zurückzukommen.

Eine geringe Beschleunigung der Umdrehungsgeschwindigkeit wird die Zeit des Rohmehldurchsatzes im Ofen herabsetzen und damit auch die Menge der Charge reduzieren. Ebenso würde eine weniger starke Neigung des Ofens die Zeit, während welcher das Material den Ofen passiert, verlängern und damit die Menge der Charge vermehren. Hieraus ergibt sich, dass ein Spielraum besteht zwischen dem Neigungsverhältnis einerseits und der Umdrehungsgeschwindigkeit andrerseits, innerhalb dessen die Chargenmenge von 7½% erhalten bleibt.

Viele ältere Oefen von 150-200 Fuss Länge sind durch eine Antriebswelle angetrieben worden, die üblicherweise zwei Sätze von Fest- und Los-scheiben besass, durch welche eine grössere Geschwindigkeit von einer Tour in der Minute und eine langsamere Geschwindigkeit von einer halben Umdrehung in der Minute erteilt werden konnte. Späterhin sind die meisten Oefen von einem langsam laufenden Motor, der Geschwindigkeitsänderungen zwischen 2 und einer Umdrehung in der Minute ermöglichte, mit Treibriemenübertragung angetrieben worden.

Verfahren der Warmeübertragung.

Die Oberfläche (ACB) empfängt die Hitze von den heissen Gasen durch Uebertragung; sie erhält auch Wärme durch Strahlung vom Ofenmantel (AEB). Die Oberfläche (ADB) empfängt Hitze durch Uebertragung, Strahlung und Leitung. Es soll in einen späteren Artikel über die tatsächliche Menge des Wärmeaustausches berichtet werden.

Verbindung zwischen Ofen und Kühltrommel.

Während der Entwicklung des Drehofens gaben die Vorrichtungen, durch die der rot-oder weissglühende Klinker in die Kühltrammel transportiert wurde, mehr Ursache zu Schwierigkeiten, als irgend ein anderer Teil der Apparatur. Ein damals allgemein benutztes Verfahren zeigt Abbildung 6 (siehe Seite 50); die Einzelheiten gehen aus den Fussnoten hervor. Die Klinkerschütte (D) sollte zwei Zwecken dienen, nämlich dem Transport der heissen Klinker vom Ofen zum Kühlrohr und dem der vorerhitzten Luft von der Kühltrommel zum Ofen. Die Gesetze, welche den Gang des Lufstroms bestimmen, waren damals noch nicht allgemein bakannt. Der im Ofenkopf vom Schornstein her herrschende Luftzug genügte lediglich, um einen verhältnismässig kleinen Teil der Luft durch den Klinkertrichter anzusaugen. Jnfolgedessen wurde der letztere rotglühend und verbrannte sehr schnell. Weitere heisse Luft wurde dem Ofen dadurch zugeführt, dass man das Saugrohr des Kohlenstaubgebläses mit dem Kühlerkopf (E) verband. Doch war dieses Verfahren noch schlechter, als es notwendigerweise infolge der schlechten Beschaffenheit der Dichtungsringe am Ofen-und Kühlerkopf sein musste. Der Ofendichtungsring bestand aus einer ringförmigen Platte von $6 \times \frac{3}{8}$ Zoll im Querschnitt. Er wurde um den Ofenmantel gelegt und mit der Stirnseite des Ofenkopfes verschraubt. Die Platte war in vier Sektionen geteilt, von denen jede einzeln um den Ofenmantel gelegt werden konnte, nachdem die Bolzenlöcher eingeschlagen worden waren. War der Ofen noch neu und an den Dichtungsringen noch wirklich kreisförmig, und wenn überdies der Ofen wirklich auf den Lagerrollen lief, so war diese Dichtung befriedigend. Durch die Hitze verzog

sich jedoch der Ofen bald und die Sektionen des Dichtungsringes wurden verschoben, wodurch grosse Risse mit dem Resultat entstanden, dass kalte Luft leichter in den Ofenkopf an den Löchern in dem Dichtungsringe eintrat als warme Luft durch die Klinkerschütte angesaugt werden konnte.

Am Kühltrommelkopf (E) waren die Verhältnisse ebenso. Jm Kühlerkopf entstand durch das Ansaugrohr (F) Luftzug, und kalte Luft trat in den Kühlerkopf durch die Undichtigkeit des Dichtungsringes leichter ein, als dass Luft durch die Kühltrommel angesaugt wurde, und zwar um so mehr, als die Oeffnung am Kühlerende in bedenklichem Ausmasse durch das untere Ende der Klinkerschütte verengt war. Jm Ergebnis war festzustellen, dass nur sehr wenig der, zur Verbrennung im Ofen benötigten Luft durch die Kühltrommel angesaugt wurde. Die Hitze des, den Ofen verlassenden Klinkers wurde verschwendet, um die Wand des Kühlrohrs rotglühend zu machen, und um die Längsleisten, welche in der Kühltrommel vorgesehen waren, zu verbrennen. Ausserdem verliess der Klinker die Kühltrommel mit einer verhältnismässig hohen Temperatur.

Die Verwendung höherer Schornsteine und als Folge hiervon der grössere Luftzug im Ofenkopf verbesserten diese Verhältnisse so lange nicht, wie sich die Undichtigkeiten des Dichtungsringes nicht abstellen liessen. Der Verfasser untersuchte zwei oder drei ältere Oefen, bei denen 75 Prozent der, zur Verbrennung nötigen Luft entweder durch das Kohlenstaubgebläse oder durch Undichtigkeiten als kalte Luft in den Ofenkopf eintraten. Solche Undichtigkeiten reduzierten entsprechend die Menge Luft, welche durch das Kühlrohr angesaugt und vorerhitzt werden konnte, und in gleicher Weise wurde die Menge wiederzugewinnender Wärme reduziert.

Wärme des, den Ofen verlassenden Klinkers.

Wenn die im Klinker gespeicherte Wärmemenge vollkommen unausgenutzt bleibt, so kann der entsprechend höhere Kohlenverbrauch, wie folgt, berechnet werden:

Die wiederzugewinnende Wärme aus einer Tonne Klinker, berechnet innerhalb eines Temperaturintervalls von 2200° F. bis 200° F., bei einer spezifischen Wärme von 0.24 beträgt:

$$\frac{2000 \times 0.24 \times 2240}{12600}$$

$=85.4$ Pfund Normalkohle.

Jm Verhältnis zum Klinker ausgedrückt beträgt diese Menge:

$$\frac{85{,}4 \times 100}{2240} = 3.81\%.$$

Dieses ist indessen nicht der volle Betrag, da mehr Kohle im Ofen verbrannt werden muss, um die mit den Klinkern verlorene Wärme zu ersetzen. Von dieser Sondermenge werden etwa 20 Prozent in den Schornsteinabgasen verloren so, dass der tatsächliche Mehrverbrauch an Kohle und zwar lediglich, weil im Kühlrohr die Wärme nicht wiedergewonnen wird:

$\frac{3.81}{0.80} = 7.76\%$, auf Klinker berechnet, beträgt.

Ohne Kühltrommel würde also der Verbrauch des Ofens an Normalkohle, und zwar des Ofens, für den in dieser Abhandlung oben eine Wärmebilanz aufgestellt wurde, von 26,45 auf 31,21 Prozent steigen.

Moderne Verbesserungen.

Ein wesentlicher Schritt vorwärts wurde getan, als selbsttätig regulierende Dichtungsringe am Ofen—und Kühlerkopf angebracht wurden, und die Luft unter Druck durch den Kühler gesaugt wurde. Das obere Ende der Kühltrommel wurde überdies zu ungefähr ein Drittel der Gesamtlänge mit feuerfesten Steinen ausge-

kleidet. Dadurch, dass man durch das Kühlrohr die richtige zur Verbrennung nötige Luftmenge trieb—unter Abzug aller irgendwie durch das Kohlenstaubgebläse eintretenden kalten Luft—wurde der Strahlungsverlust am Kühlermantel wesentlich reduziert, und der, die Kühltrommel verlassende Klinker war genügend abgekühlt. Jeder Schaden an den inneren Eisenteilen des Kühlrohrs und an der eisernen Klinkerschütte wurde ebenfalls verhindert. Eine Reihe wirklich gut arbeitender Werke sind nach diesem Gesichtspunkt betrieben worden.

In den letzten Jahren ist indessen eine Klinkerschütte allgemein in Aufnahme gekommen, welche ausschliesslich aus feuerfesten Steinen besteht.

Sie ermöglicht einen genügend gross dimensionierten Luftweg zwischen Ofen und Kühler und Reparaturen sind nur sehr selten notwendig. Die Bauart zeigt Abbildung 7 (siehe Seite 53) mit den entsprechenden Erläuterungen. Bei einem 200 Fuss langen Ofen dürfte der Minimalquerschnitt der feuerfesten Klinkerschütte mit ungefähr 9 Fuss richtig bemessen sein.

Der Dichtungsring aus Stahlplatten für den Ofenkopf wird etwa 2 Zoll grösser im Durchmesser ausgebohrt als der Durchmesser des Ofenendes, und er bewegt sich frei zwischen zwei Winkelringen, die auf den Ofenmantel aufgenietet sind. Der äussere Umfang des Dichtungsringes passt bequem in einen Winkelring, der auf den Ofenkopf aufgenietet ist. Es ist klar, dass der Ofen ziemlich exzentrisch laufen oder in der Länge schwingen kann, ohne dass die Wirksamkeit dieser Anordnung beeinträchtigt wird.

Brennstoffverluste der ersten Ofenkonstruktionen: Zusammenfassung.

Die ersten Drehöfen in England, besonders wenn sie nach dem Nassverfahren arbeiteten, waren ungefähr 100 Fuss lang. Wir haben bereits gesehen, dass dank der Undichtigkeit der Dichtungsringe und dem verengten Luftweg zwischen Ofen und Kühltrommel die Wärmekapazitat des, den Ofen verlassenden Klinkers verloren ging. Kalte Luft, welche durch Undichtigkeiten eintrat, war ein weiterer Grund, weshalb Wärme verloren ging. Auf Grund der verwendeten hohen Ziegelschornsteine und des hieraus folgernden Luftzuges im Ofenkopf, verursachten die Undichtigkeiten am Dichtungsring in vielen Fällen einen Ueberschuss von 40 oder 50 Prozent der, zur Verbrennung benötigten Luftmenge. Dieser Ueberschuss an Luft steigerte sowohl die Menge wie die Temperatur der Abgase und damit auch den Verlust an diesen. Auf Grund dieser und der übrigen behandelten Ursachen, betrug der Kohlenverbrauch der ersten, 100 Fuss langen, nach dem Nassverfahren arbeitenden Drehöfen zwischen 34 und 38 Prozent.

Die wesentliche Reduktion im Kohlenverbrauch bei Oefen von 100 bis 250 Fuss Lange ist nicht auf die gesteigerte Länge zurückzuführen, sondern auf andere Ursachen, von denen die wichtigsten, wie folgt, zusammengefasst seien:

(*a*) Bessere Wiedergewinnung der Wärme in den Klinkern, nach Verlassen des Ofens.

(*b*) Reduktion der überschüssigen Verbrennungsluft auf etwa 5 Prozent.

(*c*) Maschinelle Einzelheiten der Oefen und Kühltrommeln, sowie der übrigen Werksanlagen sind allmählich verbessert worden. Daher ist heute ein kontinuierlicher Betrieb leichter durchzuführen, und es wird weniger Kohle zum Anheizen und Wiederanheizen verbraucht.

(*d*) Längere Oefen mit verhältnismässig grösserem Durchmesser haben den Vorteil, dass Klinkerringansätze weniger leicht entstehen. In den Oefen mit kleinerem Durchmesser und mit verhältnismässig kieselsäurear-

mem Rohmaterial verursachten Ringansätze häufige Betriebsunterbrechung, wodurch der Kohlenverbrauch gesteigert wurde und die Leistung an hergestelltem Klinker abnahm.

Abbildung 1: A Drehofen, B Erweiterte Sinterzone, C Kühltrommel, D Ofenkopf, E Kohlenstaubfeuerung, F Klinkerschütte aus Ziegelmauerwerk, G Brennplattform des Ofens, H Behälter zur Zufuhr von Rohmehlschlamm, J Zuführungsrohr für Rohmehlschlamm, K Kastentransporteur, L Zugkanäle, M Zugregler, N 150 Fuss hoher Schornstein.

Abbildung 2: A Behälter zur Zufuhr von Rohmehlschlamm, B Drahtsieb, C Schlammzufuhrrohr von den Pumpen, D Ueberlaufrohr zu den Mischbehältern, E Auslassöffnung und Schieberventil, F Regulierhebel und geteilter Sektor, G Entleerungsschütte, H Messgefass für Dünnschlamm, I Holzpfropfen und Handgriff, J Ueberlaufgefäss, K. Zufuhrrohr für Dünnschlamm zum Ofen.

Abbildung 3: A Schlammzufuhrtank in zwei Teilen, B Zufuhrrohr für Dünnschlamm, C Ueberlauföffnung, D Schöpfkellen für Rohmehlschlamm, E Mitteltrommel, F Normales Niveau des Dünnschlamms, G Tülle der Ueberlauföffnung, H Rückführungsrohr zu den Mischbehältern, I Entleerungsrohr zum Ofen.

Abbildung 4: A Fülltrichter für Staubkohle, B Schieber, C Zwei Kohlenzufuhrschnecken, D Rundgehäuse für jede Schnecke, E Doppelt konisches Gussstück für Kohlenzufuhr, F Kohlenstaubfeuerungsrohr.

Abbildung 6: A Drehofen, B Ofenkopf, C Kühltrommel, D Eiserne Klinkerschütte, E. Kühlerköpf, F Ansaugrohr vom Kohlenstaubgebläse, G Dichtungsring des Ofenkopfes, H Dichtungsring des Kühlerkopfes, I Entleerungstür für Abfall.

Abbildung 7: A Drehofen, B Ofenkopf, C Kühltrommel, D Klinkerschütte aus Ziegelmauerwerk, E Unterstützende Eisenträger für Ziegelmauerwerk, F Dichtungsring des Ofenkopfes, G Dichtungsring des Kühlerkopfes, H Entleerungsweg für Abfall.

Neuere europäische Zementfabriken.

Wir zeigen einige moderne, kürzlich in Europa von Fellner & Ziegler errichtete Zementfabriken in Bildern. Abb. 1 (siehe Seite 90) stellt die Generalansicht des grossen neuzeitlichen Werkes der Königshofer Zementfabriken in Königshof (Tschecho-Slowakei) dar. Die Oefen, von denen drei vorhanden sind, besitzen bis zu 1,52 m im Durchmesser erweiterte Sinterzonen; zwei der Oefen zeigt Abb. 2 (siehe Seite 90). Die Dreikammer-Mühlen sind 13 m lang bei einem Durchmesser von 2.2 m (Abb. 3, siehe Seite 91). Die Verbundmühlen besitzen Zentralantrieb mit besonderer Zahnrad-Reduktion, wie sie Abb. 4 (siehe Seite 91) zeigt.

Eine der neuesten Anlagen im Rheinland wird in Abb. 5 (siehe Seite 92) gezeigt. Die Oefen sind bei einem Durchmesser von 3 m. 50 m. lang und besitzen erweiterte Sinterzonen.

Abb. 6 (siehe Seite 92) zeigt den Grundriss einer jetzt im Bau befindlichen Fabrik, die nach dem Nassverfahren betrieben werden soll. Die ungefähr 100 m. Lagerhalle dient zur Stapelung von Klinkern, Kohle und Gips und die Lager werden durch Laufkrane mit Maulbechern bedient. Die Beschickungsbehälter der Mühlen werden durch die Krane direkt gespeist.

Die neuen Zementwerke in Hope (England) für G. & T. Earle, Ltd.

In der neuen Fabrik der Zementfabrikanten G. & T. Earle Ltd. wurde kürzlich die Fabrikation von Portlandzement aufgenommen. Das Werk liegt bei Hope (Derbyshire). Ein kurz zusammenfassender Bericht der für Gross-Britannien neuen, aus der Praxis hervorgegangenen Gesichtspunkte bei der Anlage dürfte interessieren.

Zum ersten Male wurden zum Feinbrechen in Zementfabriken ein Kreiselbrecher verwendet. Die Abgase werden direkt staubsammelnden Ventilatoren zugeführt. In dem gesamten Werk sind nur drei Elevatoren vorgesehen; einer hebt die Kohle von den Eisenbahnwaggons zu den Vorratsbehältern, der zweite dient der Zufuhr von Staubkohle zu den Bunkern, und der dritte führt Zementstaub von den Saugzug-Ventilatoren des Ofens in diesen zurück. Die Prozesse des Brechens, Mahlens sowie der Zufuhr von Rohmehlschlamm als auch der Tonaufbereitung werden sämtlich mit Hilfe eines Becherwerks ausgeführt. Es ist keine Förderbahn in Verbindung mit der Tongewinnung und dem Waschen des Tons vorhanden. Der Ton wird mit einem Erdräumer direkt vom Tonlager nach dem Tonwäscher transportiert und dann auf die Vorratsbehälter gepumpt.

Das Werk ist auf eine Zementfabrikation von 3,200 t in der Woche eingestellt und so angelegt, dass künftige Erweiterungen des Werks vorgesehen sind. Bei einem Besuch des Geländes wird die Aufmerksamkeit sofort durch das hügelige Terrain gefesselt, und man begreift, dass die Anlage der Brüche wie des Werkes in sehr grossem Umfange durch die Natur des Terrains bestimmt worden ist. Der Grund des Steinbruchs befindet sich 266,69 m über der Kartenbasis; das Werk selbst endet mit 173,77 m über dieser Basis bei der Tonwäsche; es besteht also zwischen der höchsten und tiefsten Stelle eine Niveaudifferenz von 92,92 m.

Der Steinbruch.

Der Kalkstein ist hochwertig, praktisch frei von Feuchtigkeit und enthält 97% kohlensauren Kalk. Während der Errichtung des Werkes wurde ein etwa 213,36 m breiter Steinbruch angelegt, um Sprengungen auf grosser Grundlage vorzubereiten. Kurz vor Aufnahme des Werkbetriebes waren die Sprengbohrungen in dieser Breite beendet, und mit einer Sprengung wurden etwa 30,000 t Kalkstein bewegt und zu einer Grösse gebrochen, dass er durch einen elektrisch betriebenen Löffelbagger aufgenommen werden konnte. Die Sprenglöcher wurden mit Bohrern, welche die Gesellschaft selbst anfertigte, ausgebohrt und waren 15,24 cm breit und 10,07 m tief. Sie wurden sämtlich zur gleichen Zeit zur Explosion gebracht.

Der gebrochene Kalkstein wird mit einem Löffelbagger aufgenommen; dieser besitzt eine Fassungsvermögen von 2,674 cbm und bewegt sich auf Raupenrädern. Das Drehen des Löffelauslegers wird durch einen selbstständigen Antrieb mit eigenem Motor bewirkt; tatsächlich ist für jede Bewegung ein gesonderter Motor vorgesehen. Ein 110 PS starker Motor dient dem Heben, während für Drehen und Greifen je eine eigene 40 PS starke Krafteinheit vorhanden ist. Jede dieser drei Bewegungen wird durch einen gesonderten Umschaltkontakt vom Typ der stehenden Schalttafel mit mechanischem und elektrischem Verschluss sowie Maximalausschalter ausgelöst. Meisterwalzen, die mit vertikalen Hand-

hebeln versehen sind, bedienen diese Kontakte, für die durchgängig doppeltpolige Höchststromsicherung vorgesehen ist. Die Kupplungen werden pneumatisch mit einem Minimum von Anstrengung durch den Führer bedient. Die Kontrollen sorgen für vollen Schutz der Motore, die ohne Schädigung in beträchtlichen Grenzen belastet werden können.

Jede der beiden elektrischen Lokomotiven, welche benutzt werden, um den Kalkstein vom Bruch zum Brechergebäude zu schaffen, werden durch zwei 27 PS Motore getrieben und können eine Last von 50 t bei einer Stundengeschwindigkeit von 16,1 km. auf der, an der steilsten Stelle 1 : 50 betragenden Steigung vom Steinbruch befördern. Direkter Strom wird durch zwei Stromabnehmer in Verbindung mit einer dritten zwischen dem Gleis liegenden Schiene benutzt. Der 400 Volt Dreiphasenstrom wird in 250 Volt Strom mit Erdrückleitung zur Beschaffung der für die Lokomotiven nötigen Kraft transformiert. Stahlwagen von Normalmass mit einem Fassungsvermögen von 5,35 cbm werden verwendet, um den Kalkstein zum Brechergebäude zu transportieren.

Im Brecherhaus ist der grösste, je in England gebaute Backenbrecher mit einer Oeffnung von 1,83 × 1,22 m und einem Gewicht von 133 t zur Aufstellung gelangt. Er vermag 5 t schwere Steinblöcke aufzunehmen und sie auf eine Grösse von 15,24 cm zu brechen bei einer stündlichen Leistung von 250 t. Dieser Brecher wird durch einen 250 PS starken Motor getrieben, und das gebrochene Gestein gelangt weiter zu einem zweiten Brecher vom Typ der Kreiselbrecher. Dieser letztere Brecher unterscheidet sich von den gewöhnlich laufenden Brechern dadurch, dass er mit sehr viel grösserer Geschwindigkeit, nämlich mit 450 Touren in der Minute läuft und dadurch, dass der Konus nach der Grundfläche zu abgeplattet ist. Bei den normalen Brechern wird die grösste Steingrösse, die durchfallen kann durch den Abstand von Konus und Gehäuse an seiner weitesten Stelle bestimmt. Bei diesem Fein-Brecher dagegen verzögern der abgeplattete Konus und die hohe Umlaufgeschwindigkeit den Austritt des gebrochenen Materials um mindestens eine vollständige Umdrehung der Maschine. Es folgt daher hieraus, dass die stärkste Steingrösse durch den Abstand zwischen der geschlossenen Seite des Konus und dem Gehäuse bestimmt wird. Die Erschütterungen des Brechers werden durch 40 Spiralfedern aufgefangen, deren Spannung wie auch die Grösse des gebrochenen Materials während des Ganges der Maschine reguliert werden kann. Das Gewicht dieses Brechers beträgt etwa 50 t und seine stündliche Leistung ca. 225 t, wenn von 30,48 cm starken Steinen auf 1,27 cm Grösse gebrochen wird. Es ist der grösste Brecher dieser Art in England. Zwischen der Oeffnung des Backenbrechers und der oberen Kante der Kalksteinsilos besteht den Hügel hinab ein Gefälle von 60,35 m, was zu berücksichtigen ist. Von dem Grund des Steinbruchs nach dem Backenbrecher fällt das Gestein 8,53 c. und von hier zu der zweiten Kreiselbrecheröffnung senkt eine 101,59 m langes, 106,68 cm breites Förderband das Gestein um 17,98 m. Die restliche Höhendifferenz wird durch eine Schütte bewirkt, in der schwere Ketten angebracht sind, um den Sturz des Materials zu hemmen, ehe dieses ein Förderband erreicht, das es zum Kalksteinsilo schafft. Der Silo ist in Eisenbeton erbaut und fasst 2,000 t Gestein. Von hier wird der gebrochene Kalkstein direkt den Zufuhrtellern zweier Verbundmühlen von je 10,97 m Länge und 2,20 m Zoll Durchmesser zugeführt. Die Mühlen werden durch 650 PS starke Auto-Synchronmotore mit Reduktionszahnrädern getrieben.

Die Rohmühlen wie auch die später zu behandelnden Trockenmühlen

werden direkt durch eine Kupplung vom Zahnradvorgelege getrieben und die Achse zentral mit der Mühle verbunden, wodurch der gewöhnlich für Rohrmühlen vorgesehene Zahnrad- und Ritzelbetrieb fortfällt.

Der Dünnschlamm von den Rohmühlen wird durch ein motorgetriebenes, mechanisch vibrierendes Sieb gedrückt, wodurch alles gröbere Material ausgesondert wird, ehe der Schlamm in die Zentrifugalpumpen gelangt, die ihn zu den Vorratsbehältern befördern.

Der Schlamm lagert in fünf Eisenbetonbehältern mit einem Fassungsvermögen von je etwa 481,4 cbm. Mechanisches Rühren ist nicht vorgesehen, dagegen sind die Tanks mit Druckluftrührung, die durch Rohre am Boden eintritt, ausgerüstet.

Tonaufbereitung.

In der Tongrube wäscht eine Tonwaschapparatur von 20 Fuss Durchmesser, getrieben durch einen 104 PS starken Motor, den Ton mit einer stündlichen Leistung von 60 t. Von hier wird der Ton nach dem Werk mit Plungerpumpen gefördert.

Das Verfahren der Gewinnung des Tons wird mittels eines Schrabgrabers, der eine 2,29 cbm Schaufel besitzt, bewirkt. Die stündliche Leistung beträgt 60 t bei einer Maximallänge der Seilbahn von 252,98 m. Ein 105 PS starker Motor liefert für den Bagger die Kraft; bei einschichtiger Arbeitsweise wird genügend Ton gefördert, um den Leistungen des Werkes zu entsprechen.

Von der Tonwäsche wird der " Schlicker " nach dem 713,2 m entfernten Werken gepumpt, wo er in zwei Tontanks gelagert wird, die jeder 620 t „ Tonschlicker " fassen. Aus diesen Tanks sinkt der „ Schlicker " durch ein Ventil in einen Messtank, aus dem er durch zwei Schöpfräder mit Kontrollmöglichkeiten für verschieden grosse Geschwindigkeit in abgemessenen Mengen, ebenfalls infolge der eigenen Schwere, nach den Mühlen gelangt. Das Verfahren, mittels welchem der „ Tonschlicker " in dem Messtank ebenfalls durch ein Kugelventil auf konstantem Niveau erhalten wird, ist von Interesse. Anstelle einer direkten Einwirkung auf das Ventil ist die Schwimmkugel mit Getriebekontakt und einem kleinen Motor ausgerüstet, der das Ventilrad vor-und rückwärts bewegt, je nach den wechselnden Drucken vom Tontank und je nach den Anforderungen der Mühlen hinsichtlich weiterer Zufuhr.

Ofenhaus.

Im Ofengebäude befinden sich zwei Oefen; hier liegen auch die Kohlenmühlen. Die Oefen sind 84,12 m lang und haben einen Durchmesser von 2,55 m, während die erweiterte Sinterzone 14,02 m lang ist und 3,15 m Durchmesser besitzt. Jeder der Oefen besitzt eine Leistungsfähigkeit von 10 t Klinker in der Stunde. Die Kühlrohre sind von modernster Bauart, indem sich um den Ofenmantel selbst zwölf Sonderkühlrohre gruppieren. Diese Kühlrohre sind mit einer grossen Anzahl von hängenden Ketten in Inneren versehen, die beim Drehen des Ofens abwechselnd von Klinker bedeckt werden und dann einen Teil der Klinkerhitze aufnehmen, um diese wieder an die einströmende kalte Luft abzugeben, wenn die Bewegung des Ofens sie wieder aus den heissen Klinkern heraushebt.

Von den Oefen fällt der Klinker auf ein Förderband, das speziell auf die Widerstandsfähigkeit gegen heisse Temperaturen eingestellt ist. Dieses Förderband schafft den Klinker in eine kleine Grube, die häufig mittels eines Laufkrans mit Greifkorb entleert wird. Dieser letztere kippt den Klinker auf ein ebenerdiges Lager mit einem Fassungsvermögen von 3,350 t aus.

Im Ofenhaus befindet sich hinter der Brennplattform die Kohlenmahlanlage. Diese besteht aus einer Kombination

von Kugel-und Rohrmühle, durch welche heisse Luft aus den Klinkerkühlrohren passiert, wodurch der Prozess des Trocknens und Mahlens vereinigt wird, die Notwendigkeit einer gesonderten Kohlentrocknungsanlage also hinfällig ist. Die Kohle wird aus der heissen Luft mittels Zyklon abgesaugt und in den Staubkohlenbunker mittels Elevator geschafft, wodurch es möglich ist, in gewissen Zwischenräumen, die Kohlenmühle für Reparaturen, still zu legen, und wodurch es auch ermöglicht wird, sie bei voller Ausnutzung weiter laufen zu lassen, wenn der Kohlenverbrauch geringer ist als die Mahlleistung.

Die Kohle wird am Werk in Eisenbahnwaggons angeliefert; diese gehen zu einer Kippvorrichtung, von der die Kohle auf Eisenbetonsilos in stündlichen Mengen von 120 t. gehoben wird. Die gleiche Kippvorrichtung wird auch benutzt, um Gips in Haufen zu entladen; für diesen Zweck ist ein Nebenförderband vorhanden.

Mahlung.

Die Mahlabteilung dieses Werks verfügt über ein geräumiges Gebäude, in dem sowohl die Roh-wie Klinkermühlen untergebracht sind. Das Gebäude ist untergeteilt. Auf der einen Seite befinden sich die Hoch-und Niederspannungsschalttafeln gemeinsam mit den Reduziergetrieben und den Motoren für samtliche Mühlen. Eine langsam laufende Welle, gesondert für jede Mühle, bewirkt die Uebertragung durch die Wand hindurch in den eigentlichen Mahlraum, in dem sich auch die Pumpen für den Transport von Schlamm und fertigen Zement befinden.

Zementmühlen.

Diese Mühlen ähneln den Rohmühlen von 10,97 m Länge und 2,20 m Durchmesser, werden aber mit 750 PS starken Auto-Synchronmotoren und 3,000 Volt Spannung getrieben. Von den Zementmühlen wird der Zement durch eine Rohrleitung von 105,46 m Länge und 10,16 cm Durchmesser zu dem Lager befördert. Die Höhe der Silos, auf die der Zement durch die Rohre gehoben wird, beträgt 22,48 m. Vier Rotierkompressoren, die jeder eine Leistungsfähigkeit von 160 m bei 18,144 kg Druck besitzen, versorgen die für das Rohrsystem nötige Kraft.

Der Zement läuft von den Mühlen in den einen oder den anderen von zwei Tanks, die mit Schwimmventilen, welche durch das Niveau im Bunker reguliert werden, versehen sind. Die Oeffnung des Ventils lässt Luft in den Tank eintreten, wodurch der Zement in die Vorratssilos fällt; inzwischen wird der andere Tank in ähnlicher Weise gefüllt.

Zement-Lager.

Sechs Eisenbetonsilos von je 1,500 t Fassungsvermögen sind vorhanden. Einer ist untergeteilt für spezielle Zementsorten in kleineren Mengen. Das Packen erfolgt automatisch unter Benutzung von Ventilsäcken Diese Säcke hängen an dem Ausflussstück der Wägemaschine und werden, wenn sie das richtige Gewicht haben, automatisch abgehängt und fallen dann durch eine Schütte, fertig zur Verladung, in den Eisenbahnwaggon oder in den Wagen herunter. Ueber den Wägemaschinen befindet sich ein besonderer Zementtrichterbunker, der mit Rührflügeln wie bei Schlammischern ausgerüstet ist. Eine schwache und ständige Einführung von Druckluft in diesen Bunker verwandelt den Zement in ein fliessendes Medium und ermöglicht, dass er durch eigene Schwere in die Säcke fliesst.

Kraftanlage.

Zum Zwecke der Kraftversorgung des Werkes ist eine Ringoberleitung von 33,000 Volt aus der Nachbarschaft von Sheffield vorhanden, und in dem Falle des Versagens der einen

Leitung kann die andere Leitung benutzt werden, um die Kraftzufuhr aufrecht zu erhalten. Motoren von über 150 PS Stärke laufen mit 3,000 Volt Spannung, während 400 Volt Spannung für die Motore von 150 PS Stärke und darunter vorhanden ist. Die Verteilung der Kraft wird durch 4 Unterstationen vermittelt.

Es wurden geliefert: der elektrische Löffelbagger von der Firma Ruston and Hornsby, Ltd.; die elektrischen Lokomotiven von der Firma Metropolitan-Vickers, Ltd.; der Backenbrecher von der Firma Vickers-Armstrong, Ltd.; der Kreiselbrecher von der Firma Symon Bros.; die Verbundmühlen, der pneumatische Zementtransport, die Oefen und die Packmaschinen von der Firma F. L. Smidth & Co., Ltd.; das Dünnschlammsieb von der Firma Sunderland Forge & Engineering Co.; die Staubsammlungsventilatoren von der Firma Keith, Blackman & Co.; die Kohlenwaggonkippvorrichtung von der Firma Mitchell Conveyor & Transport Co., Ltd.; die elektrischen Apparaturen und Instrumente von den Firmen Geo. Ellison, Ltd., Metropolitan-Vickers, Ltd., Reyrolle & Co., Ltd., Crompton-Parkinson, Ltd., und Nalder Bros. & Thompson, Ltd.; die unterirdischen Kabel von den Firmen British Insulated & Helsby Cables, Ltd., und MacIntosh Cable Co. Eimerkettenbagger von E. F. Sargeant.

Die folgenden Abbildungen bedeuten: Abbildung 1 (siehe Seite 55) Generalansicht; Abbildung 2 (siehe Seite 56) Allgemeiner Grundriss; Abbildung 3 (siehe Seite 57) Drehöfen mit Blick auf die Kühlrohre; Abbildung 4 (siehe Seite 58) Drehöfen, von der Brennplattform gesehen; Abbildung 5 (siehe Seite 59) Backenbrecher 72×48 Zoll; Abbildung 6 (siehe Seite 60) Zufuhr zum Backenbrecher; Abbildung 7 (siehe Seite 61) Konus-Brecher; Abbildung 8 (siehe Seite 62) Zwei 650 PS starke Auto-Synchronmotore mit Vorgelege zum Treiben der Nassmühlen; Abbildung 9 (siehe Seite 63) Hauptschalttafel und Transformatoren zum Transformieren des Stroms von 3,000 auf 400 Volt; Abbildung 10 (siehe Seite 64) Eine der Packmaschinen; Abbildung 11 (siehe Seite 65) Löffelbagger mit 4 t Fassungsvermögen; Abbildung 12 (siehe Seite 67) Blick in den Steinbruch.

Die Prüfungsverfahren fur Zement.

VON DR. G. HAEGERMANN.

Vorstand des Laboratoriums des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten, Berlin-Karlshorst.

Das Ziel der Zementprüfung soll die Erfassung der für die praktische Verwendung massebenden Eigenschaften und die Möglichkeit eines einwandfreien Gütevergleiches bei Ausführung der Prüfung an verschiedenen Prüfungstellen sein. Massgebende Eigenschaften für Zement sind; Raumbeständigkeit, Bindezeit und Festigkeit. Demgegenüber sind Mahlfeinheit, Raumgewicht und spezif. Gewicht von untergeordneter Bedeutung, denn sie gestatten ebensowenig wie die chemische Zusammensetzung die Bildung eines Urteils über den praktischen Wert eines Zementes. Die Erfahrung hat gelehrt, dass Raumbeständigkeit und Bindezeit zweckmässig an Proben aus reinem Zementbrei, die Festigkeit hingegen an Proben aus Mischungen von Zement, Wasser und Sand ermittelt werden sollten.

Für die Bestimmung der Raumbeständigkeit besteht in den Prüfungsvorschriften aller Länder weitgehende übereinstimmung. Die Raumbeständigkeit wird durch Einlagerung eines Kuchens in kaltes Wasser oder-beschleunigt-durch die Le Chatelier-Probe und die Kochprobe nach Michaëlis ermittelt. Die sogen. „beschleunigten" Prüfungsverfahren sind teils schärfer, teils schwächer als die Prüfung bei Lagerung der Proben in kaltem Wasser. Es ist durch umfangreiche Versuche nachgewiesen worden, dass ein Zement, der die beschleunigte Prüfung nicht besteht, dennoch praktisch einwandfrei raumbeständig sein kann. Im Laboratorium des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten zu Berlin-Karlshorst befinden sich Werkstücke aus Zementen, welche die beschleunigten Prüfungen nicht bestanden haben und trotsdem nach nunmehr 33 jähriger Lagerung in Freien einwandfrei erhalten sind. Andererseits zeigen aber die beschleunigten Proben das Gipstreiben nicht an. Der Oftmals gemachte Einwand, die beschleunigten Prüfungsverfahren entsprächen nicht der praktischen Verwendungsweise von Zement, besteht zweifellos zu recht, und wenn dennoch anerkannt werden muss, dass die beschleunigten Prüfungen zur vorläufigen Beurteilung der Raumbeständigkeit dienen können, so sollte für die endgültige Beurteilung das Verhalten bei Lagerung der Kuchen in kaltem Wasser massegebend sein.

Die Bestimmung der Bindezeit wird allgemein mit dem Vicat-Apparat ausgeführt. Seit Jahrzehnten bestehen Bestrebungen diesen Apparat durch einen die Bindezeit mechanisch registrierenden zu ersetzen; bisher haben aber alle in Vorschlag gebrachten Apparate nicht befriedigt.

Die Abbindeprüfung soll Auskunft über den Zeitraum geben, in welchem Mörtel oder Beton (vom Augenblick der Bereitung an gerechnet) ohne Einbusse an Festigkeit verarbeitet werden kann. Die Gütevorschriften enthalten dementsprechend Angaben über den Beginn der Erstarrung. Aufgabe der Prüfung ist es festzustellen, ob der Erstarrungsbeginn der Vorschrift entspricht, und hierzu ist der Vicat-Apparat geeignet.

Während der Erstarrungsbeginn identisch ist mit der Auslösung der Abbindereaktion, so ist das Ende der Bindezeit als eine ziemlich willkürlich gezogene Grenze anzusehen, die einen gewissen Grad der Erstarrung kennzeichnet, der praktisch nur von geringer Bedeutung ist. In den meisten Normen sind aus diesem Grunde Vorschriften über die Bindezeit nicht aufgenommen worden; wo sie bestehen, können sie zweckmässiger durch Festigkeitsforderungen in frühem Alter ersetzt werden.

Besteht in den Verfahren zur Bestimmung der Raumbeständigkeit und der Abbindezeit in den verschiedenen Ländern weitgehende Übereinstimmung, so trifft dies auf die Verfahren zur Ermittlung der Festigkeitseigenschaften nicht zu.

Am einfachsten wäre zweifellos die Festigkeitsermittlung am erhärteten Zementbrei, der nur aus Zement und bestimmten Wassermengen zusammengesetzt ist. Dies Verfahren gibt aber leider keinen Aufschluss über die sogen. Sandfestigkeit des Zementes. In der Praxis soll Zement in Mischung mit

Sand oder dergl. verarbeitet werden; die Verwendung ungemagerten Zementmörtels ist fehlerhaft. Was für die Praxis gilt, sollte auch für die Prüfung des Zementes im Laboratorium beachtet werden. Gibt nun erfahrungsgemäss die Prüfung reiner Zementkörper praktisch nicht verwertbare Ergebnisse, so hat man ähnliche Beobachtungen bei Prüfungen von Normensand-Mörtel gemacht, sofern es sich um Zemente besonderer Festigung handelte, beispielsweise um Naturzemente. Mit anderen Worten kann man sagen, dass das Prüfungsverfahren, wie es z.Zt. üblich ist, nur auf Zemente bestimmter Herstellungsweisen z.B. auf Portlandzemente anwendbar ist. Diesem Unstande ist in den Normen der meisten Länder insofern Rechnung getragen, als die Begriffserklärung ein wesentlicher Bestandteil derselben ist. D. B. Butler hat sich gelegentlich eines Vortrages über „ Neue Verbesserungen bei der Zementherstellung "[1] dahin geäussert, dass die Probe mit reinen Zementkörpern beibehalten werden sollte, weil Abarten des Portlandzementes bei Prüfung der Mörtelproben oftmals befriedigende Ergebnisse ergäben, während die an reinen Zementkörpern ermittelten verhältnismässig niedrig ausfielen. Diese Erscheinung trifft zwar häufig zu, aber sie gibt dennoch keinen Aufschluss über das Verhalten bei Anwendung gemischtkörnigen Sandes und höherer Wasserzusätze. Ob es möglich sein wird, ein Prüfungsverfahren zu finden, welches zur Beurteilung aller Zementarten-wie auch deren Herstellungsweise sei- geeignet ist, muss weiteren Versuche vorbehalten bleiben.

Zur Erzielung vergleichbarer Ergebnisse bei Prüfung von Portlandzement an Mörtelproben gilt als notwendige Voraussetzung die Festlegung der Sandart, des Wasserzusatzes oder der Konsistenzmessung, des Mischungsverhältnisses, der Mischweise, der Form sowie der Anfertigung, Lagerungsart und des Alters der Prüfkörper. Die Änderung einer dieser Konstanten hat auch die Änderung des Prüfungsergebnisses zur Folge.

Weitgehende Übereinstimmung besteht über die Lagerungsart und das Alter der Prüfkörper. Gegen die Lagerung in Wasser von 15 bis 18° C.—nachdem die Körper 24 Stunden in feuchter Luft aufbewahrt wurden—oder gegen die sogen. Kombinierte Lagerung (1 Tag feuchte Luft, 6 Tage Wasser, 21 Tage Zimmerluft) ist nichts einzuwenden. Diese Bestimmungen haben sich allgemein bewährt und eine Änderung ist nicht anzuraten.

Für das Alter der Prüfkörper schwanken die Angaben insofern, als einzelne Vorschriften nur die Prüfung nach 7 und 28 Tagen vorsehen, andere daneben die nach 2 oder 3 Tagen und in Österreich hat man auf den Vorschlag von Spindel die Prüfungstermine auf 2 und 7 Tage (unter Fortfall der Prüfung nach 28 Tagen) beschränkt.

Die Prüfung der Mörtel in frühem Alter ist besonders mit Rücksicht auf die hochwertigen Zemente notwendig geworden, deren charakteristisches Kennzeichen gegenüber den sonst handelsüblichen Zementen die hohe

[1] " Cement and Cement Manufacture," 1929, No. 2, S. 62/64.

Anfangsfestigkeit darstellt (die für die Baupraxis von besonderer Bedeutung ist). Sie ist ferner erwünscht, um schnell ein Urteil über die Güte des Zementes zu erlangen. Ob als Prüfungstermin 2 oder 3 Tage gewählt wird, ist unwesentlich; in Deutschland hat man sich auf die Prüfung nach 3 Tagen geeinigt, weil die Ergebnisse nach dieser Zeit geringere Schwankungen aufweisen als nach 2 Tagen. Daneben ist aber die traditionelle Prüfung nach 28 Tagen beibehalten worden, um auch über den Festigkeitsfortschritt—der gleichfalls zur Gütebeaurteilung erforderlich ist—Gewissheit zu erlangen.

Die Festigkeitsermittlung erfolgt entweder nur an Zugproben oder an Zug- und Druckproben. Zug- und Druckprobe geben über verschiedene Eigenschaften des Zementes Aufschluss, denn es besteht keine feste Beziehung zwischen Druck- und Zugfestigkeit. Erfahrungsgemäss weisen die Ergebnisse an Zugproben recht weite Streuungen auf und aus diesem Grunde hat man in Deutschland bereits in Erwägung gezogen, die Zugprobe entweder fallen zu lassen oder durch eine andere, geeignetere Probe zu ersetzen. Der Beton im Bauwerk wird überdies nur selten auf Zug, sondern zumeist auf Druck und Biegung beansprucht und die wahre Härte des Mörtels wird am besten durch die Druckfestigkeit gekennzeichnet. Der Druckprobe sollte daher die grösste Beachtung geschenkt werden und falls die Absicht besteht auch noch über andere Festigkeitseigenschaften unterrichtet zu werden, so kann anstelle der Zugprobe die Biegeprobe (Prismen) genannt werden, denn Zugfestigkeit und Biegefestigkeit führen zu Zahlen, die untereinander proportional sind. Es darf hierbei aber nicht unerwähnt bleiben, dass mit der Biegeprobe noch nicht genügend Erfahrungen gesammelt sind, um ein Urteil über deren Bewährung fällen zu können. Nach den bisherigen Versuchen scheinen die Streuungen in engeren Grenzen zu liegen wie bei der Zugprobe.

Das bei allen Prüfungsverfahren für den Mörtel vorgesehene Mischungsverhältnis von 1 Zement: 3 Normensand ist zweckmässig und hat sich bewährt; es erübrigt sich weiter darauf einzugehen.

Weitgehende Unterschiede bestehen in der Mischweise des Mörtels und der Anfertigung der Probekörper. Teils wird die Ausführung unter Zuhilfenahme von Maschinen, teils von Hand vorgeschrieben. Auch der Grad der Verdichtung des Mörtels bei Anfertigung der Probekörper ist nicht einheitlich. Hieraus ergeben sich recht grosse Abweichungen in den Prüfungsergebnissen bei Anwendung verschiedener Verfahren.

Die maschinelle Ausführung des Mischens und des Einschlagens ist derjenigen von Hand vorzuziehen, weil sie die individuellen Fehlerquellen ausschaltet. Für das maschinelle Mischen ist allgemein die Mischmaschine Bauart Steinbrück-Schmelzer eingeführt worden. Das maschinelle Einschlagen erfolgt mit dem Hammerapparat (Bauart Böhme-Martens) oder mit der Ramme (Bauart Klebe). Beide Maschinen können wohl in gleicher Weise als geeignet bezeichnet werden; die weitere Verbreitung hat der Hammerapparat gefunden. Da für die Ramme eine grössere Einschlagarbeit gewählt ist wie für den Hammerapparat, so fallen die Ergebnisse bei ersterer naturgemäss auch höher

aus und zwar werden die Festigkeiten im frühen Alter verhältnismässig stärker beeinflusst. Die Bestrebungen, bezüglich des Einschlagapparates zu einer internationalen Einigung zu gelangen, sind bisher fehlgeschlagen, und es besteht auch keine Aussicht, dass diesbezüglich eine Einigung erzielt wird.

Sofern die Prüfung nicht mit erdfeuchtem, sondern mit plastischem Mörtel erfolgt, ist die Anfertigung der Probekörper von Hand üblich. Um hierbei die individuellen Fehlerquellen auszuschalten, sollte der Mörtel zweckmässig so weich gewählt werden, dass eine mehr oder weniger sorgfältige Stampfarbeit die Ergebnisse nicht mehr wesentlich beeinflusst.

Eine andere Konstante im Prüfungsverhahren, deren internationale Vereinheitlichung auf besondere Schwierigkeiten stossen dürfte, ist der Normensand. Sieht man von den Ländern Mittel- und Nordeuropas ab, in denen der deutsche Normensand zur Einführung gelangt ist, so hat fast jedes Land der Welt seinen eigenen Normensand, dessen Kornform und chemische Zusammensetzung von dem jeweiligen Sandvorkommen bedingt wird. Auch die Vorschriften über die Korngrössengrenzen schwanken. Im allgemeinen sind diese Grenzen so eng gezogen, das man von einem ,, gleichkörnigen " Normensand sprechen kann. Wo gemischtkörnige Sande eingeführt sind, bestehen diese aus mehreren Fraktionen, die ihrerseits in der Korngrösse eng begrenzt sind. Der gleichkörnige Normensand hat sich für die Prüfung erdfeuchter Mörtel bewährt. Falls jedoch plastische Mörtel geprüft werden sollen, so ist die Verwendung eines gemischtkörnigen Sandes vorzuziehen. Der gleichkörnige Normensand hält das Wasser des Mörtels nicht genügend fest, sodass durch vorzeitigen Wasserverlust die Ergebnisse wesentlich beeinflusst werden. Auf diese Erscheinung sind wohl auch die Misserfolge zurückzuführen, die früher mit plastischem Mörtel gemacht worden sind. Nach Férets Erfahrungen ist die Verwendung eines gemischtkörnigen Sandes mit einem ausreichenden Anteil an feinem Korn eine der Vorbedingungen zur Erzielung vergleichbarer Ergebnisse bei der Prüfung plastischer Mörtel. Eigene Untersuchungen haben eine Bestätigung der Angaben Férets erbracht.

Der Wasserzusatz zum Mörtel wird in weitaus der Mehrzahl aller Prüfverfahren so bemessen, dasse erdfeuchte Mörtel entstehen; nur in wenigen Ausnahmen sind höhere Wasserzusätze vorgesehen, die einen schwach plastischen Mörtel ergeben (Vereinigte Staaten von Amerika, Frankreich und Schweiz[1]).

Die Höhe des Wasserzusatzes wird in allgemeinen nach dem Steifegrad bestimmt durch Ermittlung des Wasserbedarfs für reinen Zementbrei (Vicat-Apparat) oder nach dem Austritt des Wassers aus der Form beim Einschlagen der Probekörper mit dem Hammerapparat oder der Ramme.[2] Beide Verfahren bilden eine Quelle für die Erzielung unterschiedlicher Ergebnisse bei Ausführung der Prüfung an Ver-

[1] Nur bei Ausführung der Biegeprobe.
[2] Der Wasseraustritt soll zwischen dem 90. bis 110. Schlage erfolgen.

schiedenen Prüfstellen. Der erdfeuchte Mörtel ist für die Bestimmung des Steifegrades an sich recht ungeeignet, weshalb man bereits den Wasserbedarf an reinem Zementbrei feststellt Diese Bestimmung sollte aber zweckmässiger an Mörtel ausgeführt werden, der unter Verwendung eines gemischtkörnigen Sandes und höherer Wasserzusätze hergestellt ist. Sofern erdfeuchte Mörtel geprüft werden, stellt die Vernachlässigung des Wasserbedarfes den kleineren Fehler dar und aus diesem Grunde ist beabsichtigt, in dem deutschen Prüfungsverfahren einen für alle Zemente gleich hohen Wasserzusatz zu wählen.

Gegen den erdfeuchten Mörtel wird eingewendet, dass er im Vergleich zu der im Eisenbetonbau üblichen Steife des Betons zu trocken und die Stampfarbeit bei Anfertigung der Probekörper zu gross sei. Dieser Einwand ist nicht unberechtigt, und es sind auch in vielen Ländern Bestrebungen vorhanden, anstelle oder neben dem erdfeuchten Mörtel plastischen Mörtel zu prüfen. Ich darf auf die Arbeiten des alten Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik verweisen, die vor mehr als zwei Jahrzehnten auf die Anregung von R. Féret (Boulogne-sur-mer) und nach einem von Schüle (Zürich) aufgestellten Versuchsplan ausgeführt worden sind und ferner auf die Vorschläge von R. Féret und M. Ros (Zürich) gelegentlich des Internationalen Kongresses in Amsterdam (1927).

Auf die bereits vorliegenden Ergebnisse mit der Prüfung plastischer Mörtel soll später in einer besonderen Abhandlung eingegangen werden.

In weiten Kreisen besteht der Wunsch nach einer internationalen Vereinheitlichung des Prüfungsverfahrens. Für die Bestimmung der Raumbeständigkeit und der Abbindeverhältnisse liegt eine weitgehende Übereinstimmung der Verfahren bereits vor, nicht jedoch für die Ermittlung der Festigkeit. Vorerst müssen aber die Meinungsverschiedenheiten grundsätzlicher Art über die Proben und deren Herstellung beseitigt werden, und selbst wenn hierüber eine Einigung erfolgen sollte, so würde stets eine Variante im Prüfungsverfahren zurückbleiben, nämlich der Normensand. Es wäre allerdings schon ein grosser Schritt auf dem Wege zur Aufstellung eines einheitlichen Prüfungsverfahrens getan, wenn über die Probenart und über die Vorschriften zu deren Herstellung einheitliche Bestimmungen getroffen würden.

Bisher bildeten die Sprachunterschiede ein starkes Hemmnis für den Meinungsautausch. Durch die vorliegende, in vier Sprachen erscheinende Zeitschrift wird dieses Hemmnis beseitigt und es wäre sehr zu begrüssen, wenn zu den grundsätzlichen Fragen der Zementprüfung von möglichst vielen Seiten Stellung genommen würde, zumal die Einführung der Prüfung plastischer Mörtel, für welche z.Zt. in vielen Ländern grosses Interesse besteht, eine seltene Gelegenheit zur Aufstellung eines einheitlichen Prüfungsverfahrens bildet.

Das Abbinden und Erhärten von Zementen.

Von PROFESSOR C. H. DESCH, F.R.S. (Universität Sheffield).

DIE Festigkeit eines Mörtels oder eines Betons wird durch die Reaktionen bestimmt, welche zwischen dem Zement und dem zugemischten Wasser stattfinden. Um daher von den Zementen verbesserte Eigenschaften zu erhalten, ist es notwendig die Reaktionen, welche beim Abbinde-und Erhärtungsprozess sich abspielen, zu kennen. 1856 nahm A. Winkler an, dass Zement durch Wasser hydratisiert werde unter Bildung von freiem Kalk und solchen Verbindungen des Kalkes mit Kieselsäure und Tonerde, wie sie bei nassen Reaktionen entstehen können. Es war im Jahre 1887, als Henry Le Chatelier nachwies, dass die Reaktionen tatsächlich diese Form besassen, und er identifizierte einzelne dieser Reaktionsprodukte durch sorgfältige chemische und mikroskopische Untersuchungen. Indem er diesen Prozess mit dem Abbinden von Gips verglich, folgerte er, dass die Festigkeit der Masse nach dem Abbinden auf das Durchsetzen mit Kristallbündeln zurückzuführen sei. Er führte seine Versuche derart aus, dass er Zement oder aber die einzelnen Bestandteile, welche man für die Konstituenten von Zement hielt, mit einem Ueberschuss von Wasser oder einem anderen Reagenz auf einer Glasplatte mischte und die Kristalle feststellte, welche sich im Laufe der Zeit bildeten.

Hieraus lässt sich indessen nicht folgern, dass wenn geringere Mengen Wasser zugesetzt werden, die Reaktionen den gleichen Verlauf nehmen. Als 1893 das Interesse der Chemiker an den Eigenschaften kolloider Substanzen erwacht war, äusserte W. Michaelis die Ansicht, dass das wesentliche Produkt der Einwirkung von Wasser auf Zement nicht in einer kristallinen Komponente sondern in einer kolloiden Masse von wechselnder Zusammensetzung bestehe, für die ein einfach hydriertes Kalksilikat die Grundlage bilden könnte. Wenn durch das Wasser die Aluminate zuerst gespalten werden, so kann sich ein einfacheres Aluminat von kristalliner Form bilden, wenn eine genügende Menge an Wasser zugesetzt wurde oder aber eine gelartige Masse, wenn weniger Wasser gegenwärtig ist. Die im Zement enthaltenen Silikate verhalten sich daran anschliessend in gleicher Weise.

Ein aufmerksame Beobachtung des Verhaltens von Zementen, denen Wasser zugesetzt wurde, unter dem Mikroskop bestätigt in vielem diese Auffassung. Die Zementteilchen quellen auf und bedecken sich mit einer gelartigen Schicht, in welcher späterhin kleine Kristalle erscheinen. Die Härte, welche sich ergibt, wenn der Ueberschuss an Wasser abgegeben ist, kann teilweise auf das Entstehen von eingelagerten Kristallen, wahrscheinlich aber in vermehrtem Masse auf das Trocknen der kolloiden Masse, die ein glasartiges Erzeugnis ergibt, zurückgeführt werden. Es ist richtig, dass seit diesen Versuchen der Unterschied zwischen kristallinen und kolloidalen Stoffen weniger scharf geworden ist, da die Untersuchung mit Röntgenstrahlen erweisen hat, dass viele kolloide Stoffe tatsächlich aus Kristallen von sehr kleiner Grösse zusammengesetzt sind. Es besteht indessen eine so klare Differenz zwischen sichtbaren Kristallen und Kolloiden, dass wir aus Gründen der Bequemlichkeit die Unterscheidung beibehalten können.

Die Aufspaltung der Bestandteile des Zements durch Wasser, die den Chemikern unter dem Worte Hydrolyse als Reaktion bekannt ist, kann stufenweise stattfinden. Ein Teil des Kalks wird in der Form des löslichen Hydroxyds abgespalten, wodurch ein weniger basisches Aluminat oder Silikat zurückbleibt. Durch die weitere Einwirkung des Wassers kann mehr Kalk abgespalten werden, und das Endstadium ist erst dann erreicht, wenn der Rückstand ausschliesslich aus reiner gelartiger Kieselsäure in dem einen Falle oder aus reiner gelartiger Tonerde in dem anderen Falle besteht. In dem Masse, wie das Wasser verdunstet, wird die Kalklösung konzentrierter, und ein Teil des Kalks kann sich wieder mit den sauren Rückständen verbinden. Dieses ist ein langsam verlaufender Prozess, da die Kolloide in dem Masse, wie sie Wasser verlieren, weniger reaktionsfähig werden.

Verschiedene Forscher sind zu diesen gleichen Ergebnissen gekommen, und es ist klar, dass es unmöglich ist, die beim Abbinden und Erhärten auftretenden Veränderungen durch einfache chemische Gleichungen wiederzugeben. Die Reaktionsprodukte müssen sich in ihrer Zusammensetzung je nach den Mengen reagierender Stoffe ändern so, dass das Ergebnis des Mischens eines Mörtels mit Kalkwasser beispielsweise nicht das gleiche sein würde, wie wenn die gleiche Menge reinen Wassers verwendet worden wäre, da im ersteren Falle die Hydrolyse nicht so weit vorschreiten kann. Wenn weiter ein feingemahlener puzzolanartiger Stoff zugesetzt wird, so kann der Kalk in dem Masse, wie er in Freiheit gesetzt wird, in Verbindung gehen und damit eine schneller vorangehende Reaktion begünstigen. Von

dem Gesichtspunkt der Widerstandsfähigkeit gegen Feuer und auch von dem der Widerstandsfähigkeit gegen chemische Lösungen, wie z.B. See-oder Moorwasser, ist es wünschenswert dass, so wenig wie möglich freier Kalk (Hydroxyd) im Mörtel oder Beton enthalten ist, und dass die Masse aus nicht zu basischen Silikaten und Aluminaten besteht. Dieses lässt sich durch den Zusatz puzzolanartiger Stoffe oder auf andere Weise bewirken. Dieser Zusatz ist von unbezweifelbarer Wichtigkeit.

Die grössere, jetzt allgemein üblich gewordene Feinmahlung der Zemente hat es ermöglicht, dass die Reaktionen schneller und vollkommener verlaufen. Wenn ein Zementteilchen einmal mit einer gelartigen Schicht bedeckt worden ist, so muss der weitere Reaktionsverlauf mittels Diffusion durch diese Schicht vor sich gehen, ein Prozess, der verhältnismässig langsam verläuft. Wenn diese Schicht zur gleichen Zeit Veränderungen erleidet wie Erhärten oder Undurchlässigwerden, so kommt die Reaktion zu einem Stillstand, während noch ein Kern von unverändertem Material, der der Reaktion nicht länger zugänglich ist, vorhanden ist. Der durch diesen Kern repräsentierte Zement ist ein Abfallstoff, da er nur die Rolle von Sand oder nicht reagierendem Material spielt.

Bei weiteren Untersuchungen dieses Gegenstandes verdient das Mass der Diffusion von Wasser oder anderen Flüssigkeiten durch diese Schichten weitere Versuche. Die Konstitution des Zementklinkers ist jetzt hinreichend bekannt, während die damit in Verbindung stehenden Untersuchungen des Prozesses des Abbindens und Erhärtens weniger grosse Fortschritte gemacht haben, trotzdem eine weitverzweigte Literatur zu diesem Gegenstande vorhanden ist. Der Verfasser glaubt, dass eine wissenschaftliche Beforschung dieses Teiles der physikalischen Zementchemie wahrscheinlich von Wichtigkeit für zukünftige technische Fortschritte ist.

Neue Zementfabriken.

Wir zeigen einige der wichtigeren, kürzlich durch die Firma Vickers-Armstrongs Ltd. errichtete Zementfabriken in Abbildungen. Hierunter seien zwölf Oefen für die grösste Zementfabrikanten-Gruppe Englands erwähnt; ferner die vollständige Einrichtung der Holborough-Zementwerke in Snodland (England) mit einer Leistungsfähigkeit von 180000 t im Jahre; die Lieferung der Zementherstellungs-Maschinen für die Eastwoods-Zementwerke in Barrington (England) mit einer Kapazität von 120000 t jährlich; Drehofen und Mühle für die Commonwealth Portland Cement Co. in Autralien; und endlich drei Drehöfen für die Synthetic Ammonia & Nitrates Ltd., die zum Konzern der Imperial Chemical Industries Ltd. gehört. Ausserdem hat die Firma verschiedene Brech-und Mahlanlagen in der ganzen Welt geliefert.

Einige der oben erwähnten Anlagen sind von besonderem Interesse weil sie mit den Vickersschen, wärmereflektierenden Drehöfen mit direkt verbundenem Kühler ausgerüstet sind. Drei Oefen dieses Typs sind an die Associated Portland Cement Manufacturers Ltd. und die British Portland Cement Manufacturers Ltd. geliefert; jeder dieser Oefen ist 99.4 m lang, und der direkt verbundene Kühler hat einen Durchmesser von 8 m. Diese Oefen gelten als die nach Rauminhalt grössten der Welt. Zwei Oefen von dieser Art sind auch der Synthetic Ammonia & Nitrates Ltd. geliefert worden.

Neuerliche der Firma Vickers-Armstrongs Ltd. erteilte Aufträge sind folgende; ein Drehofen für die Katni Zementwerke in Indien, ein Drehofen für die Japla Zementwerke in Indien, drei Drehöfen für die Firma Brunner, Mond & Co. Ltd. Ein weiterer kürzlich hereingenommener Auftrag betrifft die vollständige Einrichtung der Green Island Zementwerke in Hongkong mit einer Leistungsfähigkeit von 100000 t im Jahre. Dieser Auftrag umfasst zwei,

wärmereflektierende Drehöfen mit direkt verbundenen Kühlern, und wir glauben, dass dieses einer der grössten Aufträge ist, welcher einer englischen Firma im fernen Osten erteilt worden ist.

Die Firma Vickers-Armstrongs Ltd. hat auch für die Lafarge Tonerdezement Gesellschaft eine Mahlanlage ausgeführt und weiter den neuen Hope Zementwerken (England) der Firma G. und T. Earle Ltd. einen beweglichen Backenbrecher von 1.83 m × 1.22 m Brechweite geliefert; diese letzte Maschine gilt als die grösste je in Europa gebaute. Einzelheiten von ihr werden an anderer Stelle in diesem Hefte mitgeteilt.

Abb. 1 (siehe Seite 75) zeigt die Oefen in den Johnson Zementwerken in England; Abb. 2 (siehe Seite 76) zeigt die gleichen Oefen am Kühlerende; Abb. 3 (siehe Seite 76) zeigt den Backenbrecher von 1.83 m × 1.22 m Brechweite auf den Hope Zementwerken (England); Abb. 4 (siehe Seite 77) zeigt Oefen auf den Eastwoods Zementwerken in Barrington (England) von 64 m Länge und 2.74 m bezw. 3.20 m Durchmesser; Abb. 5 (siehe Seite 77) zeigt 18.3 m Durchmesser besitzende Mischapparate nach dem „ Sonnen und Planeten "—System auf den Eastwoods Werken (England); Abb. 6 (siehe Seite 78) zeigt eine Zementmühle von 10.97 m Länge und 2.13 m Durchmesser für die Commonwealth Portland Cement Co. in Australien.

Eine neue italienische Zementfabrik.

Die Zementfabrik der „ Italia " Soc. Anon. Cementi Portland Artificiale bei Genua ist ein modernes Werk, bei dem die Erfahrungen der letzten Jahre hinsichtlich der wirtschaftlichen Errichtung von Zementfabriken zur Anwendung gelangt sind.

Die „ Miag "-Mühlenbau-und Industrie Gesellschaft lieferte die Pläne und Entwürfe sowie die maschinelle Ausrüstung, abgesehen von einigen Spezialmaschinen. Die Fabrik liegt am Fusse des Appeningebirges in der Nähe des Hafens von Genua.

Die Rohmaterialien bestehen hauptsächlich aus einem, 75 Prozent $CaCO_3$ enthaltenden Mergel. Er wird aus einer Entfernung von 2 km durch eine, mehrere Täler kreuzende Seilbahn zum Werk geschafft. In kleinen Mengen wird auch ein hochprozentiger Kalkstein (98%) verarbeitet. Dieser Kalkstein wird zum Werk aus etwas grösserer Entfernung transportiert. Die aus Kiesabbränden bestehenden Zusätze, durch die die Rohmehlmischung reguliert werden soll, wie auch der Gips und die Kohle werden ebenfalls dem Werk durch Eisenbahntransport angeliefert.

Mergel, Kalkstein und Kiesabbrände werden im Freien gelagert, während Kohle, Gips und Klinker in einem überdachten Raum lagern. Die Bewegung aller Materialien wird durch zwei Greiferkrane bewirkt, von denen der eine, im Freien arbeitend, um 360° drehbar ist, während der andere, in der Halle arbeitende den gewöhnlichen Typ eines Laufkrans darstellt.

Förderrinnen vom „ Torpedo "-Typ sind einmontiert. Der Transport aller kleinstückigen Stoffe erfolgt durch pneumatische- oder Bandförderung. Alle grossen Maschinen besitzen direkten Antrieb durch einzeine Motore mit Reduktionsgetriebe. Es werden verhältnismässig wenige Gruppenmotore verwendet so, dass Transmissionen und Riemenantrieb auf enge Grenzen beschränkt sind. Sämtliche Mühlen wie auch die Rohmehl-und Schlammtanks sind so eingerichtet, dass sie sowohl für das Nass-wie für das Trockenverfahren verwendet werden können.

Die maschinelle Ausrüstung besteht aus zwei Drehöfen, von denen der eine bei einem Durchmesser von 3 m 61 m lang ist, während der andere bei ebenfalls 61 m Länge einen Durchmesser von 3.25 m besitzt. Die tägliche Leistung beträgt 600 t. Wegen der Wasserknappheit wird zur Zeit nach dem Trockenverfahren gearbeitet.

Abb. 1 (siehe Seite 80) zeigt einen Generalplan des Werks; Abb. 2 (siehe Seite 81) gibt einen Schnitt durch das Werk wieder, und Abb. 3 (siehe Seite 82) zeigt eine Generalansicht.

Zerkleinerung.

Das Brechen des Rohmaterials erfolgt bereits in den Steinbrüchen. Zwei „ Titan "-Brecher vom 8 SSD-Typ werden benutzt, um den Mergel zu brechen. Die beladenen Wagen werden vom Bruch nach den Behältern gefahren, und dort ausgekippt, um ihren Inhalt auf geneigte eiserne Förderbänder, welche die Brecher speisen, zu entleeren. Der gebrochene Mergel fällt in grosse Silos, aus denen er durch Schieberauslässe auf die Wagen der Drahtseilbahn abgezogen und nach der Fabrik transportiert wird, wo er in einen Behälter von 500 t Fassungsvermögen entleert wird. Ueberschüssiges Material wird in Haufen durch den Greiferkran auf die Halde geschüttet und gelagert.

Das vom Kalksteinbruch kommende Material wird ähnlich gebrochen und durch eine Seilbahn befördert, die das Material in die Eisenbahnwaggons ladet. Bei der Ankunft auf dem Werk wird der Kalkstein gewogen und durch einen Greiferkran in einen zweiten Behälter von 150 t Fassungsvermögen, der sich neben dem Mergelbehälter befindet, entladen. Es wird noch ein zweiter Kalksteinbruch abgebaut, aus dem das ungebrochene Gestein nach der Fabrik geschafft wird. Das Brechen erfolgt im Werk durch einen „ Titan "-Brecher. Ein Elevator hebt das Material zu dem zweiten Behälter.

Ein dritten Behälter ist vorgesehen, um die Kiesabbrände, aufzunehmen. Überschüssige Kiesabbrände werden auf der Halde gelagert und der Behälter kann durch den Greifkran gefüllt werden. Unter jedem Behälter befindet sich eine Telleraufgabe, um die Wagen, welche das Mischverhältnis der Rohstoffe bestimmen, zu speisen. Der etwa 90 Prozent des Rohmaterials ausmachende Mergel wird für sich gewogen, während der Kalkstein und die Kiesabbrände eine zweite Waage passieren. Die Waagen kippen das Material in eine Förderrinne vom „ Torpedo "-Typ.

Trocknerei.

Während der trocknen Jahreszeit ist künstliche Trocknung nicht notwendig. und die Mischung wird direkt in die Zufuhrtanks über den Rohmühlen geschafft.

Wenn Trocknen notwendig ist, so hebt ein Becherwerk die Mischung in einen zweiten Behälter, aus welchem eine Telleraufgabe das Material einer Trockentrommel zuführt. Die Trockentrommel ist bei 2.23 m Durchmesser 18.6 lang und wird durch die Abhitze der Oefen geheizt; zusätzliche Heizung ist vorgesehen. Eine Förderrinne vom ,, Torpedo ''-Typ nimmt das gebrochene Material von der Trommel auf und hebt es durch eine hierzu quer verlaufende Förderrinne und durch ein Becherwerk zu den Rohmaterialbehältern über den Mühlen. Eine Förderrinne verteilt das getrocknete Material in die Behälter.

Rohmühle und Rohmehlsilos.

Regulierbare Telleraufgaben speisen das Material aus den Behältern in zwei Dreikammer-Mühlen von 2.05 m × 12.5 m. Die Mühlen sind auf zwei Lagern, die mit automatischer Zahnringölschmierung versehen sind, gelagert. Nach dem Verlassen der Mühle wird die Rohmischung zu dem Rohmehlsilo durch einen Schneckentransporteur gefördert. Ein Elevator hebt schliesslich die zum Brennen vorbereitete Mischung auf die Rohmehlbehälter, welche sich über den Drehöfen befinden. Die Mischung wird in diese durch einen Schneckentransporteur gleichmässig verteilt. Rohmehlzufuhr-Vorrichtungen regulieren das Mass der Zufuhr und des Mischens.

Drehöfen.

Die gegenwärtige Ausrüstung besteht aus zwei Drehöfen von 3.25 m × 61 m und 3 m × 61 m mit darunter angeordneten Kühltrommeln von 2.05 m × 20.7 m. Die Oefen (Abb. 4, siehe Seite 83) sind mit fünf automatisch geschmierten, wassergekühlten Laufringlagern ausgerüstet. Die Oefen besitzen Riemenantrieb durch Motore von verstellbarer Geschwindigkeit. Die Kohle wird in einer besonderen Abteilung getrocknet und gemahlen und wird in den Ofen durch ein Pressluft-Gebläse geblasen.

Einer der beiden Oefen ist mit der patentierten Stehmann-Einrichtung ausgestattet, die darin besteht, dass alle Risse, durch die Luft in den Ofen und den Kühler gelangen kann, abgedichtet sind. Dadurch dass auch die Klinkerentleerung luftdicht gemacht wird und durch Verwendung eines Hochdruckgebläses werden alle heissen Gase von dem heissen Klinker dazu verwendet, den Ofen zu heizen und der Zutritt jedweder kalten Luft wird verhindert.

Ein Abhitzekessel des Babcock-Wilcox-Typ ist für beide Oefen vorgesehen und erzeugt fast die ganze in der Fabrik benötigte Kraft. Notfalls wird ein weiterer Kessel neben dem Turbo-Generator benutzt. Die Ofenabgase des Ofens passieren eine elektrische Staubsammlungsanlage.

Trocknen und Mahlen der Kohle.

Die mit der Bahn eintreffende Kohle wird aus den Waggons durch einen Greifkran entladen und durch den gleichen Kran der Kohlenzufuhrvorrichtung zugeleitet. Die Kohlenzufuhr speist einen kleinen ,, Titan ''-Brecher. Die gebrochene Kohle wird durch ein Becherwerk auf das Lagersilo gehoben, von dem aus eine Telleraufgabe die Trockentrommel von 1.4 × 14 m speist. Die getrocknete Kohle fällt auf eine automatische Waage und wird durch einen

Elevator auf einen grossen Lagertank, der aus zwei Abteilungen besteht, gehoben. Zwei Telleraufgaben speisen zwei Dreikammer-Mühlen von 1.45 m × 8.2 m, die als Kohlenmühlen verwendet werden; sie werden durch direkt gekuppelte Motore mit zwischengeschaltetem Reduktionsgetriebe getrieben. Ein Becherwerk schafft die Staubkohle in zwei Lagertanks oberhalb der Drehöfen. Es ist eine Ueberlaufschnecke zu einem Lagersilo von grösserem Fassungsvermögen vorhanden.

Klinkerlager.

Der den Ofen verlassende Klinker passiert Waagen und gelangt in eine „ Torpedo "—Förderrinne, die ihn in eine Grube abwirft. Der Greifkran nimmt den Klinker auf und verteilt ihn auf dem Lagerboden. Der gleiche Greifkran nimmt den gelagerten Klinker auf und entleert ihn in die Klinkerbehälter, von denen aus die Zementmühlen gespeist werden. Ein Gipstank befindet sich in der Nähe. Der Gips kommt per Bahn an, wird durch den Greifkran entladen und durch einen „ Titan "-Brecher gebrochen; ein Becherwerk hebt ihn auf den Tank.

Drei Klinkertanks und ein Gipstank sind jeder mit Entleerungsvorrichtungen versehen, welche die Förderrinnen speisen. Die Klinkerlagertanks über den Zementmühlen sin durch eine zweite Förderrinne, einen Elevator und eine weitere Förderrinne, die den Klinker in die Mühlenbehälter verteilen, miteinander verbunden.

Zementmühle.

Jede der beiden Verbundmühlen von 2.3 m × 12.5 m ist mit zwei Telleraufgaben ausgerüstet, um verschiedene Klinkerarten zu mischen oder um Material für besondere Zwecke zuzusetzen. Die Grösse der Mühlen ist ungefähr den in der Rohmahlabteilung vorhandenen Mühlen gleich; sie sind lediglich etwas grösser im Durchmesser. Der auf die übliche Feinheit gemahlene Zement wird durch eine Fuller-Kinyon-Pumpe oder durch ein Förderband und Schneckentransporteure nach dem Zementsilo geschafft.

Zementsilo, Packmaschinen und Verladung.

Das Zementlager umfasst zwei Betonsilos von 10 m Durchmesser und 20.7 m Höhe, die durch einen Schneckentransporteur mit einander verbunden sind. Sie können entweder pneumatisch durch einen „ Silator " oder durch Ketten, welche den Zement am Boden des Silos in einem Schneckentransporteur sammeln, entleert werden. Im ersten Falle ziehen automatische Packmaschinen den Zement aus den Packbehältern ab, während in dem anderen Falle elektrische „ Miag "-Packmaschinen verwendet werden. Die Beladung der Eisenbahnwaggons erfolgt teilweise von Hand und teilweise durch Förderbänder. Es sind geeignete Vorrichtungen getroffen, um Strassenfahrzeuge zu beladen. Staubsammler vom Typ der Schlauchfilter sind in ausreichender Grösse vorgesehen. Das Werk besitzt auch eine Reparaturwerkstatt, ein Laboratorium und eine Dampfturbinenanlage mit Schalttafel und Unterstationen.

Eine Neuzeitliche Argentinische Portlandzementfabrik.

Im Herbst 1928 wurde in der Umgebung des argentinischen Städtchens Olavarria, ca 150 km von Buenos Aires entfernt, die erste Hälfte einer neuen Portlandzementfabrik, der Loma-Negra S.A. Compania Industrial Argentina in Betrieb genommen. Dieses Werk, das im gegenwärtigen Ausbau täglich etwa 200 tons Zement erzeugt, ist in allen Teilen mustergültig eingerichtet und gehört zu den neuzeitlichsten und wirtschaftlichsten Portlandzementfabriken. die in den letzten Jahren entstanden sind. Bei der Durchbildung und Auswahl der maschinellen Einrichtungen war vor allem der Gedanke massgebend, mehrere Arbeitsgänge in Maschineneinheiten von hoher Leistung zusammenzufassen, und gleiche Maschinengattungen möglichst einheitlich auszuführen, um dadurch an Bedienung und Herstellungskosten zu sparen. Dies zeigt sich u.a. darin, dass die Roh-und Zementmühlen dieselbe Grösse von 2000 mm Durchmesser aufweisen und daher in ihren einzelnen Bauteilen übereinstimmen. Daraus ergibt sich nicht nur eine wesentliche Vereinfachung und Erleichterung des Betriebes, sondern auch eine äusserst vorteilhafte Verkleinerung des Ersatzteillagers. Bemerkenswert ist ferner, dass verhältnissmässig wenig Transmissionen vorhanden sind und die meisten grösseren Maschinen durch Einzelmotoren angetrieben werden. Die Fabrikationseinrichtungen sind in der Hauptsache in zwei grossen Eisenfachwerkshallen von je 200 m Länge untergebracht.

Da die vorhandenen Rohmaterialien für die Nassaufbereitung besonders geeignet sind, und genügende Wassermengen zur Verfügung stehen, wurde für die Produktion das Dickschlammverfahren gewählt. Die Rohmaterialien—Kalkstein und Ton—werden in einer mehrere Hundert Meter entfernten Grube mit Hilfe von Raupenlöffelbaggern abgebaut und in Kippwagen von 1 cbm. Inhalt durch Dampflokomotiven nach der Vorzerkleinerung gefördert. Die Förderwagen bringen Kalkstein und Ton nach der Zerkleinerungsanlage, wo über einem als Aufgabevorrichtung dienenden Stangenrost die Materialien gemeinsam einem Z-Brecher aufgegeben werden. Dieser Z-Brecher der für die normale tägliche Produktion 30 t pro Stunde liefert, entspricht in seiner grundsätzlichen Wirkungsweise den bekannten Hammermühlen, jedoch mit dem Unterschied, dass seine Leistung bedeutend höher ist. Das Material wird bis etwa 20 mm zerkleinert und dann der Mühle aufgegeben. Ein Teil des Tones wird in einer Schlämmaschine (Rührwerk) zu Schlamm verarbeitet, und durch Doppelpressoren mittels Druckluft nach einem Mischbehälter über der Rohmühle gefördert.

Jeder Doppelpressor besteht aus 2 Druckgefässen, die abwechselnd arbeiten. Durch eine selbstätige Steuerung füllt sich immer das eine mit dem zufliessenden Schlamm, während das andere, bei dem vorhergehenden Förderspiel gefüllte Gefäss durch Pressluft leergedrückt wird und seinen Inhalt in die Förderleitung abgibt. Ein besonderer Vorteil der Doppelpressoren besteht darin, dass irgendwelche Steuer-oder empfindliche mechanische Teile mit dem Schlamm nicht in Berührung kommen, und damit die Bildung von Ansätzen und Verstopfungen verhindert wird.

Im gegenwärtigen Ausbau des Werkes dient zur Vermahlung des vorzerkleinerten Rohmaterials eine Dreikammer-Solomühle von 2 m Durchmesser und 13 m Länge. Der von dem Zet-Brecher gemeinsam zerkleinerte Kalkstein und Ton wird von einem schrägen Becherwerk nach einem über der Mühle befindlichen Behälter gefördert und von da durch einen Tellerbeschickungsapparat in genau regelbarer Menge der Mühle zugeführt. Die Mischung von Kalkstein und Ton wird in einem kontinuierlichen Arbeitsgang zu Dickschlamm verarbeitet, wobei die Vermahlung stufenweise in 3 Mahlkammern nacheinander von verschiedenartigen Mahlkörpern bewirkt wird. Aus der Mühle fliesst der

feingemahlene Schlamm einem Doppelpressor zu, der ihn in 3 Schlamm-Vorrats- und Mischbehälter von je 7 m Durchmesser und 12 m Höhe drückt, wo die endgültige Feinmischung und Homogenisierung des Schlammes durch von unten eingeblasene Luft erfolgt. Diese Druckluft wird durch ein Steuerapparat „ Regulex " so geregelt, das die Luftzufuhr nach einer bestimmten Anzahl von Luftstössen von einem auf den anderen Behälter selbstätig umgeschaltet wird, wobei nach Belieben einzelne Behälter übersprungen werden können.

Aus den Mischbehältern fliesst der Dickschlamm nach einem Doppelpressor, der ihn nach einem Behälter über dem Drehofen fördert.

Die Drehofenanlage besteht aus einem Solo-Drehofen von 68 m Länge und 2,7 bzw. 3,6 m Durchmesser, der täglich rd. 200 t Klinker erzeugt. Die charakteristische Arbeitsweise des Solo-Ofens besteht darin, dass in ihm nicht nur der aufgegebene Dickschlamm getrocknet, kalziniert und gebrannt, sondern auch der erbrannte Klinker gekühlt wird. Die erweiterte Sinterzone sichert einen sehr wirksamen und gleichmässigen Brennvorgang. Da die Kühlung des Klinkers in einer an den Ofenzylinder direkt angebauten Kühlzone erfolgt, liegt der Ofen auf sehr niedrigen Fundamenten zu ebener Erde. Bühnen und Treppen sind nicht vorhanden und infolgedessen ist die ganze Anlage leicht übersichtlich. Der Ofenkörper ist mit seinen Laufringen auf 6 Paaren von Laufrollen gelagert, die mit automatischer Schmierung und Wasserkühlung versehen sind. Die Drehung des Ofens erfolgt durch einen direkt gekuppelten Reguliermotor auf den elastischen „ Pol " Antrieb, der eine gleichmässige und stossfreie Kraftübertragung gewährleistet. Durch besondere Einrichtungen ist erreicht, dass einerseits eine sehr gute Wärmeübertragung von den heissen Ofengasen auf das Rohmaterial und anderseits eine sehr schnelle, wirksame Abkühlung des Klinkers stattfindet.

Die Feuerung des Solo-ofens erfolgt mit Öl, das durch eine verstellbare Düse mittels Druckluft in das Ofeninnere geblasen wird. Zur genauen Überwachung des Ofenbetriebes sind am Brennerstand verschiedene Mess-und Kontrollapparate wie Zugmesser, Pyrometer, Rauchgasprüfer usw. angebracht.

Der aus dem Ofen kommende Klinker fällt auf eine unter Flur quer zur Ofenachse laufende Polrinne, wird mit einem Becherwerk gehoben und nach Durchlaufen einer automatischen Wage auf 2 über der Klinkerhalle angeordnete Polrinnen abgegeben, die den Klinker je nach Bedarf an verschiedenen Stellen der Halle abwerfen können. In der Sohle der Klinkerhalle befinden sich 17 Entleerungstrichter durch die der Klinker aus der Halle auf 2 in begehbaren Kanälen unterirdisch verlegte Polorinnen abgezogen werden kann. Der unter der Klinkerhalle abgezogene Klinker gelangt von den Polrinnen nach einem senkrechten Becherwerk, das ihn in einen Vorratsbehälter über der Mahlanlage abgibt. Aus diesem wird der Klinker mit Beigabe von Gips in eine Dreikammer-Solomühle von 2 m Durchmesser und 12 m Länge aufgegeben. Nach Verlassen der Mühle wird der Zement durch eine Förderschnecke nach dem Zementspeicher gefördert, der aus 10 Betonsilos besteht. Automatische Sackpackwagen sind vorgesehen. Eine automatische Waage erlaubt ständige genaue Kontrolle der Zementzufuhr. Mehrere Förderschnecken und Becherwerke dienen zum Füllen und Mischen der Speicherzellen.

Zur Erzielung eines praktisch staubfreien Betriebes sind alle hierfür in Frage kommenden Maschinen an Entstaubungseinrichtungen angeschlossen. Das Werk besitzt eigenen Gleisanschluss, sodass die Anfuhr des Brennstoffes, Gipses und sonstigen Bedarfes und der Abtransport des Zements in einfacher und wirtschaftlicher Weise erfolgen kann. Zur Zeit sind umfangreiche Erweiterungen im Gange, wodurch die Leistung der Anlage verdoppelt werden wird. Die gesamte maschinelle Einrichtung sowie die vollständigen Baupläne wurden von der Firma G. Polysius A.G. Dessau geliefert.

Abb. 1 (siehe Seite 85) zeigt eine Gesamtansicht des Werks; Abb. 2 (siehe Seite 86) zeigt den zet-brecher für Rohmaterial; Abb. 3 (siehe Seite 87) zeigt eine Drei-kammer Solomühle für Rohmaterialvermahlung; Abb. 4 (siehe Seite 88) zeigt einen Solo-Ofen.

VOLUMEN 3. NÚMERO 1. ENERO 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
EL CEMENTO Y SU FABRICACIÓN.

SECCIÓN ESPAÑOLA

Publicada por Concrete Publications Limited,
20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, Inglaterra.
Se publica el 20 de cada mes. Precio, 2 s. el ejemplar.
Subscripción anual, 24 s., franqueo comprendido.

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE" INTERNACIONAL.

Con la publicación de "Cement and Cement Manufacture" en cuatro idiomas, forma en que será publicada mensualmente en lo sucesivo, los fabricantes de cemento del mundo entero disponen de un medio para intercambiar su información, que no posee ninguna otra industria en ningún país.

Llegamos a la decisión de publicar esta revista en cuatro idiomas porque, en opinión de los propietarios de la misma, tal revista internacional es realmente necesaria para la conveniencia de la industria mundial del cemento. En muchos países se están realizando importantes trabajos de investigación; se están haciendo experimentos con nuevas ideas acerca de los procesos de fabricación; se están adoptando nuevos tipos de maquinaria y de dispositivos de economía de mano de obra. Todo país productor de cemento tiene algo que aprender de los demás países. Hasta el presente, la información sobre estos progresos se ha publicado en el idioma de las personas que han realizado las investigaciones o las mejoras, y no ha estado fácilmente al alcance de los fabricantes de los otros países que hablan un idioma distinto.

El objeto de "Cement and Cement Manufacture" es presentar las opiniones de las más prominentes personalidades del mundo acerca de cada aspecto diferente de la fabricación y ensayo de cementos, en los idiomas de las principales naciones productoras de cemento. Esta información valiosa, estará así al alcance de todo el mundo, sea cual fuere su país de origen, y además, se publicará en cuatro lenguas distintas. Puede afirmarse que la industria del cemento es realmente una industria internacional, pues, no solamente la mayoría de los países productores del cemento exportan su producto a otros países, sino que los fabricantes de maquinaria para fabricación de cemento y de aparatos de ensayo, realizan un negocio extendido por todo el mundo.

Es este número hemos logrado el privilegio de publicar artículos de un considerable número de las más importantes personalidades en el mundo del

cemento de Europa, los Estados Unidos y otros países. Esperamos que tanto las otras grandes figuras como también los ingenieros y químicos más jóvenes, enviarán para su publicación todas las ideas interesantes que deseen expresar, y todo los articulos y notas sobre nuevos adelantos que puedan ser útiles a sus colegas de todo el mundo. Estas colaboraciones serán generosamente retribuídas. De esta manera, las industrias del cemento de todo el mundo quedarán también cimentadas conjuntamente por un lazo común de buena voluntad; los que laboran en un país serán conocidos por las de los demás países; el progreso de la industria recibirá poderosa ayuda por el intercambio de ideas y experiencias, y quedará establecida la mutua buena voluntad y confianza que tanto pueden cooperar a la paz del mundo.

A Nuestros Colegas.

DURANTE el corto tiempo que lleva de vida CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE, un número considerable de sus artículos han sido reproducidos sin permiso y sin indicar precedencia, en otras revistas que tratan de cementos. Algunas revistas europeas se han distinguido de un modo especial en este sentido. Aunque lo apreciamos como un reconocimiento de lo valioso del texto de CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE, debemos manifestar que los autores de tales articulos nos cobran sus colaboraciones, y que los honorarios de nuestros colaboradores importan una suma muy considerable, hasta el punto de que el capital de las colaboraciones ocupa el segundo lugar en importancia en el presupuesto de esta revista.

No es nuestra intención restringir la importancia de nuestra colaboración de mérito para los fabricantes o analistas de cementos. Precisamente para poner dicha información al alcance de todo el mundo, CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE se publica ahora, sin reparar en sacrificios, en cuatro idiomas. Las demás revistas pueden, desde luego, resumir o reproducir nuestros artículos, siempre que indiquen debidamente su procedencia, pero nos oponemos seriamente al saqueo de nuestros artículos de propiedad, sin manifestar que han sido tomados de nuestro revista.

Si tal forma de latrocinio continuara, nos proponemos en lo sucesivo publicar los nombres de las revistas aludidas, junto con una lista de los artículos substraídos, faltos de la indicación de procedencia, de CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE. Sírvanse tomar nota de ésto aquéllas revistas que visiblemente tratan de reducir al mínimo sus gastos editoriales.

JUSTIFICACIÓN.

Lamentamos que, debido a la enorme aglomeración de material para este número, nos hemos visto obligados a reservar gran cantidad de original para el mes próximo.

Un mensaje de Henry Le Chatelier.

" A mi edad uno empieza a tener el derecho de descansar un poco. Los jóvenes ingenieros y químicos del día deben considerar deber suyo emprender trabajos de investigación y hacer conocer sus resultados por todo el mundo, como yo he hecho en mi tiempo."

Con ocasión de la publicación del primer número de la primera Revista Internacional de Cemento, tenemos especial satisfacción en poder publicar el mensaje arriba citado, lleno de estímulo, procedente de uno de los más enérgicos campeones de la ciencia aplicado a la industria que haya jamás conocido el mundo.

Henry Le Chatelier pertenece a una familia bien conocida por sus trabajos científicos, su propia carrera lo ha sido de trabajo y sacrificio, y bien merecidos son los honores que ha recibido.

En 1877, a la temprana edad de 27 años, fué elegido profesor de Industria Química en la Escuela de Minas de París, habiendo pasado ya seis años en la Escuela Politécnica, en trabajos de investigación, y servido en una comisión geológica en la Argelia Meridional.

En 1888 fué elegido Profesor del Colegio de Francia, y a continuación pasó por un período de intensa actividad. Había ya publicado un tratado sobre la calefacción industrial, y entonces encontró tiempo para escribir una tesis sobre " Carbono, sílice y silicatos." Sin embargo, su trabajo de aquella época es más notable todavia en lo que se refiere a sus brillantes inventos. La mayoría de los químicos conocen muy bien el galvanómetro " Saladin Le Chatelier," y al mismo tiempo, sus pirómetros termo-eléctricos y ópticos son indispensables para la medición de altas temperaturas.

Pero no es solamente con sus estudios pirométricos como ha ayudado Le Chatelier a la industria del cemento. Sus aparatos para determinar la estabilidad de volumen del cemento y para calcular su peso específico se usan todavía constantemente por todo el mundo, y sus teorías sobre la estructura química esencial del cemento Portland son notables por su originalidad, siendo todavia objeto de discusión entre los que laboran en la investigación del cemento.

En 1892, Le Chatelier fué recompensado con el Premio Jerôme Ponti; en 1895, con el Premio La Caze, y en 1911 obtuvo la Medalla Bessemer. El Instituto del Hierro y el Acero (Inglaterra) le eligió como miembro en 1904, y la Académie des Sciences siguió este ejemplo en 1908.

Los servicios que prestó durante la gran guerra con sus investigaciones sobre explosivos y metales fueron muy importantes, y hoy día ostentā la Banda de Comendador de la Legión de Honor.

Probablemente, el momento culminante de su carrera fué alcanzado en 1922, cuando se reconocieron sus cincuenta años de trabajo científico con la distinción que se le hizo al entregarle una placa de oro y 100,000 francos. La suma en metálico, según su expresa voluntad, fué entregada a la Académie des Sciences para fundar una beca.

Contando actualmente ochenta años, Henry Le Chatelier ha tenido que abandonar en gran parte su enérgica actividad. La generación más joven de ingenieros y químicos del cemento tiene que tomar a Le Chatelier como modelo de lo que un hombre puede hacer en beneficio de una importante industria. Debemos esperar que les sirva de estímulo el mensaje arriba citado que él les envía, y las páginas de " Cement and Cement Manufacture " les están abiertas para poner los resultados de su trabajo de investigación a la disposición de sus colegas en todo el mundo.

R

Un mensaje de P. Malcolm Stewart.

PRESIDENTE DE "THE ENGLISH CEMENT MAKERS' FEDERATION"; "THE ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD."; "THE BRITISH PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD."

Cordialmente doy mi bien venida a esta primera Revista Internacional del Cemento, pues creo que será el medio de propagar el interés mundial por el cemento Portland y se convertirá en piedra de toque de la creación de un ambiente de amistad en toda la industria del cemento del mundo entero, en el que podrán discutirse los múltiples problemas referentes a la fabricación o aplicaciones del cemento Portland.

Los editores de Cement & Cement Manufacture han emprendido una ardua tarea al publicar una revista técnica de esta indole en cuatro idiomas, y merecen felicitaciones por su empresa. Su valor para la industria es inestimable. Ya en su primer número ha reunido las opiniones de las principales autoridades mundiales sobre asuntos de capital interés, publicados en inglés, francés, alemán y español, de forma que todos los lectores de las principales naciones productoras de cemento puedan sacar provecho de esta valiosa información, publicada en su propio idioma. La industria del cemento tiene ahora en su activo un factor no poseído por ninguna otra industria. Tiene un medio de intercambiar opiniones en distintos idiomas, y debe esperarse que los que se dedican a trabajos de investigación aprovecharán la gran oportunidad que les ofrecen las páginas de esta revista para difundir los resultados de sus trabajos entre sus colegas del mundo entero.

El porvenir de la industria del cemento Portland queda asegurado por la amplia diseminación de las materias primeras necesarias, y por la alta solvencia técnica de las personas que trabajan en la investigación y control de la fabricación. Se requiere una mayor concentración en las aplicasiones del cemento; al extenderse sus múltiples usos, crecerá la confianza en el hormigón. Esta revista, aumentando el acervo común de conocimientos, asegurará el progreso del hormigón como agente civilizador y apresurará el advenimiento de la Edad del Hormigón.

Yo creo que este primer número será aceptado, no solamente como invitación a todos para cooperar en nuestros intereses comunes, sino como mensaje de paz y buena voluntad, que los industriales del cemento deberían tener empeño en establecer, poniéndose en contacto unos con otros en las páginas de Cement and Cement Manufacture.

Una nota de G. F. Earle

(Director-Gerente de G. & T. Earle, Ltd.)

No hace muchos años que los fabricantes de cemento, al igual de los productores de muchos otras industrias, vigilaban celosamente para impedir que otros fabricantes supieran nada de sus fábricas, y era cosa muy extraña que se permitiese a otro productor visitar una fábrica. Afortunadamente, esos tiempos

de estrechez de miras han pasado a la historia, y en la actualidad, lo corriente es que, aun cuando los fabricantes se hagan enconada competencia en materia de ventas, presten toda la ayuda posible a sus compañeros de industria en el campo de la fabricación.

El motivo de este cambio de actitud es, sin duda, la comprensión de que cada fabricante está investido de una responsabilidad frente a frente de su industria, tomada en su conjunto. Ha desaparecido la vieja costumbre de los productores que se regocijaban al enterarse de que un contrincante suyo estaba atravesando dificultades en cuanto a la calidad de su producto; tales noticias se reciben con tristeza, porque se comprende que la industria en general sufre a consecuencia de tales circunstancias.

El intercambio de información industrial con los productores de otros países se ha hecho también frecuente y muy útil. Hay, sin embargo, gran campo todavía para cooperación mucho mayor, y en mi opinión, esta primera Revista Internacional del Cemento contribuirá a poner a todos los fabricantes en más íntimo contacto mutuo, y aportará de esta manera beneficios al comercio mundial, al igual que a cada fabricante individual.

Estoy cierto de que su nueva y difícil empresa será bien acogida por todos los fabricantes, y merecerá su pleno apoyo; si nuestra Campañia puede ayudar en alguna manera, tendrá gran satisfacción en hacerlo.

De Robert W. Lesley.

Primer Presidente de la Asociación Norteamericana del Cemento Portland.

Si no fuera porque, a causa de la aglomeración de trabajo, tengo poco tiempo disponible antes de la salida del primer número de " Cement and Cement Manufacture " Internacional, hubiera tenido gran satisfacción en enviarles hoy un artículo. Sin embargo, esto me es imposible.

Solamente puedo, por consiguiente, enviarles mi sincera felicitación por la gran idea de la publicación de una revista internacional del cemento, y mis mejores deseos para su éxito.

En estos días de rápida mutación de pensamientos, un material de construcción plástico como lo es el cemento llena completamente su época, y tiene una bien merecida reputación internacional de resistencia y permanencia.

Situado con Saylor en las avanzadas del progreso de nuestra industria norteamericana del cemento Portland, he visto crecer la producción desde 42,000 barriles en 1880 hasta 176,000,000 barriles en 1928, y prometo a Vdes. un artículo sobre esta cuestión para uno de los próximos números de la Revista.

Fábrica de Swanscombe de la Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.

Unos de los primeros hornos rotatorios instalados en las fábricas de cemento en Europa, fueron los de la fábrica de Swanscombe, de la Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd. (Fabricantes Asociados del Cemento Portland, Ltd.), estando en vías de montaje 16 hornos de 18 m. de largo cuando la fábrica pasó a sus manos en 1900. Algún tiempo después, se prolongaron dichos hornos hasta darles una longitud de 40 m., y fueron introduciendose nuevas modificaciones y mejoras, de vez en cuando, a medida que fué desarrollándose la técnica de su empleo. En la fig. 1 (véase pág. 6) se reproduce una vista general de la nueva fábrica.

Con el progreso acelerado realizado en los tipos de hornos rotatorios durante los últimos años, resultó evidente que los hornos de Swanscombe, a pesar de sus muchas modificaciones y adiciones, habían dado ya de sí cuanto podían dar. Se decidió, por consiguiente, darlos de baja definitivamente, y construir nuevos hornos rotatorios del último modelo, y reconstruir y modernizar, al propio tiempo, toda la fábrica, para que diese una producción de 400,000 toneladas de cemento anuales, de la mejor calidad, incluso del renombrado cemento Portland " Ferrocrete " de endurecimiento rápido.

En este trabajo de reconstrucción se tropezó con la dificultad de la estrechez del sitio, y con el hecho de que la fábrica debía permanecer en marcha constante. Debieron realizarse grandes obras de ampliación, y la necesidad de no parar la fabricación implicó retrasos y el empleo de procedimientos provisionales, para evitar el paro de las partes más esenciales de la fábrica. El trabajo quedó, sin embargo, simplificado por la circunstancia de que no era necesaria central de fuerza, por estar suministrada la energía eléctrica por la central general de la " County of London Company " en Barking.

Primeras materias.—Se dispone de yacimientos de marga y arcilla en amplias cantidades, que aseguran la producción arriba citada para muchísimos años.

Tratando en primer término de la arcilla, se está explotando ahora un yacimiento situado a 1,600 metros de la fábrica. La arcilla se deslíe en la misma cantera y se transporta, por medio de bombas, a la fábrica, en forma de pasta, que se descarga en los silos de almacenaje y mezcla. Esta pasta de arcilla se introduce en los principales molinos desleidores, en la proporción debida, por medio de un gran elevador de 18 m. de largo, con una cinta de caucho de 75 cms. de ancho, y provisto de dos cadenas de cangilones. El motor que acciona este elevador va controlado por un dispositivo eléctrico especial para la regulación del tiempo, de tal manera que, cuando el operador del molino desleidor oprime un botón para poner en marcha el elevador-volcador de la margo (que se detallará más adelante), al mismo tiempo pone también en marcha el elevador de arcilla, y permite que corra durante un período determinado previamente, al cabo del cual se para automáticamente, y permanece parado hasta que el operador vuelve a oprimir el botón. Naturalmente, se han tomado las disposiciones necesarias para que, cuando sea preciso, pueda agregarse arcilla, independientemente del funcionamiento del volcador de la

marga, y asímismo, puede funcionar dicho volcador, cuando convenga, sin que, al mismo tiempo, sea transportada cantidad alguna de arcilla. La fig. 2 (véase pág. 7) reproduce una pala mecánica excavando marga.

Molinos desleidores.—La marga era, en un principio, transportada hasta los molinos desleidores en vagonetas-volquetes de 3 toneladas, que corrían sobre una vía de un ancho de 91 cms., con platinas exteriores; pero se decidió su substitución por vagones del ancho de vía normal, montando la vía correspondiente, y disponiéndolo todo de manera que pudiesen verterse sin inconveniente de 10 a 12 toneladas de marga de una vez directamente en el molino desleidor, de forma que pudiesen desleirse, cuando menos, 120 toneladas de marga por hora.

Hay dos nuevos y sólidos molinos desleidores preliminares, de 9.15 m. de diámetro, que giran a 11 r.p.m., y van accionados por un motor de 250 C.V., mediante un reductor de engranajes cilíndricos, completamente cerrado, que da una reducción de velocidad de 730 a 95 r.p.m. en el eje principal. Estos molinos preliminares están provistos, cada uno, de fuertes parrillas de acero fundido, estando construídos en alto, sobre pilares, para que cuando se proceda a su limpieza, puedan extraerse los guijarros y arena por un agujero situado en el fondo del molino, directamente sobre vagones de f.c. Al motor del molino se le ha adaptado un mecanismo de movimiento lento especial, para permitir la realización satisfactoria de esta operación de limpieza. Uno de los molinos mantiene la plena producción, de modo que el otro puede estar parado para su limpieza y reparación. Debido a la índole del emplazamiento, resultaba imposible verter el contenido de los vagones de marga sin elevarlos primero, y a este objeto se instaló un elevador-volcador. Este aparato levanta los vagones a una altura de unos 7 m., y está dispuesto de manera que, por una tolva movible, se puerde verter el material en cualquiera de los dos molinos.

La pasta corre, por la acción de su peso, a uno de los dos molinos intermedios, pero desde dichos molinos intermedios, una rueda de pasta la distribuye por igual en los molinos de acabado. Esta rueda de pasta tiene un diámetro de 7.20 m., y está provista de dos norias de cangilones que le permiten cubrir la plena capacidad del molino. Las dos series de molinos constan, cada una, de un molino intermedio de un diámetro de 6 m., con una velocidad de 23 r.p.m., provisto de planchas perforadas, seguido (después del elevador) de tres molinos de acabado, de un diámetro de 6 m., que marchan a razón de 25.5 r.p.m., y están provistos de planchas perforadas con agujeros más finos. Se han tomado las disposiciones necesarias para la continua extracción, elevación y separación por lavado de la arena cuarzosa fina de los molinos intermedios y de acabado, por medio de lavadores-transportadores espirales.

Cada una de las series de molinos va accionada por un motor de 400 C.V., por mediación de un reductor de engranajes cilíndricos, totalmente cerrado, que reduce la velocidad de 485 a 70 r.p.m. Cada una de dichas series posee, asímismo, su propia instalación de bombas, que consta de tres juegos de bombas de émbolo zambullidor, de 30 cms. por 38 cms., acopladas cada una, directamente, por mediación de un reductor de engranaje de tornillo sin fin, a un motor de 20 C.V., siendo la velocidad de dichas bombas 9.5 r.p.m. Estas bombas trabajan a una presíon de 4.5 a 5.5 kgs. por cm^2, e impulsan la pasta

a cuatro depósitos de corrección, de hormigón armado, agitados por aire comprimido, de un diámetro de 5 m. y una profundidad de 9 m., y capaces cada uno de ellos de contener 180 m^3 de pasta. Se ha instalado un sistema de inyección de aire, y cuando se trabaja de acuerdo con el proyecto primitivo, el ciclo completo de operaciones emplea $2\frac{1}{2}$ horas, de modo que, sobre esta base, cada depósito permanece en período de mezcla precisamente algo más de media hora, durante cuyo tiempo se " insufla " en él seis veces consecutivas (durando cada " insuflación " unos 15 segundos). Con esta sistema de insuflación, el tamaño del receptor reviste importancia, ya que queda vacío cada vez, y la presión a la que tiene lugar el " insuflado " queda regulada por la altura de pasta en el depósito.

Esta disposición resulta ventajosa cuando se usan los depósitos para el almacenaje, pero en Swanscombe solamente son empleados como reguladores y para asegurarse de que la pasta tiene la dosificación debida cuando entra en los mezcladores principales. Por lo tanto, se ha visto que era más conveniente " insuflar " cada depósito cuatro o cinco veces consecutivas, tan pronto como había sido llenado por el molino desleidor, a fin de asegurar la perfecta mezcla de la pasta, antes de que pase a los mezcladores de almacenado. Éstos consisten en un depósito rectangular de 77 m. por 20 m., provisto de agitadores mecánicos desplazables, y cuatro depósitos circulares, de un diámetro de 20 m.; a estos últimos se les equipó, también, con agitadores normales de tipo planetario, al efectuar la instalación primitiva, pero actualmente se han dispuesto chorros agitadores de aire comprimido. Esta disposición ha resultado enteramente satisfactoria.

Las instalaciones de bombas para los mezcladores han sido reconstruídas, y agrupadas las bombas en dos locales separados; de este modo, uno de los grupos extrae la pasta del mezclador rectangular, y el otro la extrae de los cuatro mezcladores circulares. Cada sala de bombas contiene tres bombas de pasta de tipo normal, de 30 cms., por 38 cms., que acopladas directamente, mediante un engranaje de tornillo sin fin, a sendos motores de 10 C.V., introducen la pasta directamente en el extremo posterior de los hornos. La fig. 3 (véase pág. 8) es una vista general de los molinos desleidores.

Hornos rotatorios.—Los hornos rotatorios, en número de tres, tienen una capacidad de 16 toneladas por hora cada uno. Tienen una longitud de 123 m., la zona de clinkerización tiene un diámetro de 3.45 m., por una longitud de 39 m., y el resto del horno un diámetro de 2.85 m. Cada horno va montado sobre siete juegos de aros de apoyo y soportes de rodillos, teniendo el aro del extremo de combustión un ancho de 65 cms. y los otros uno de 28 cms.; todos tienen un grueso de 15 cms. Los rodillos varían de diámetro desde 1 m. hasta 1.20 m.

La corona dentada principal de accionamiento tiene un diámetro de 5.40 m., y engrana con un piñón de 19 dientes, al que va acoplado otro reductor de engranajes con ruedas fresadas, que proporciona una reducción de 3.3 a 1. El resto de la reducción se efectúa mediante una caja de engranaje completamente cerrada, que en el extremo de mayor velocidad lleva acoplado directamente un motor de corriente alterna, velocidad variable, de 120 C.V. La relación total

de velocidad es de 1 a 777.25, habiéndose estudiado adecuadamente para imprimir al horno una velocidad de 0.28 a 0.84 r.p.m.

La alimentación de pasta en los hornos queda regulada por un alimentador de cuchara, acoplado mediante un reductor de tornillo sin fin, completamente cerrado, a un motor de corriente continua y velocidad variable, de 5 C.V.

Los enfriadores son del tipo "integral"; van dispuestos alrededor del extremo de combustión del horno, y están compuestos de doce tubos por horno; tienen 6 m. de longitud por 0.95 de diámetro. Aproximadamente una cuarta parte de la longitud de cada enfriador, en el extremo caliente, está forrada de ladrillos; el resto está provisto de guirnaldas de cadenas.

Los tres hornos están acoplados, a través de ventiladores y conductos auxiliares a una chimenea de hormigón armado de 77 m. de altura. Los ventiladores del tiro forzado pueden evacuar 170,000 m^3 de gases, cada uno, con una presión de 75 mm. de columna de agua.

La fig. 4 (véase pág. 10) reproduce los hornos, vistos desde el extremo de alimentación de la pasta; la fig. 5 (véase pág. 10) reproduce los mismos hornos, vistos desde el extremo de combustión.

Dispositivos para la combustión del carbón.—Se han instalado pulverizadores unitarios de carbón, del tipo de aros de apoyo, con clasificacadores, siendo capaz, cada uno, de moler hasta 6 toneladas de carbón por hora. Debido a la fuerte aspiración que exige el sistema de clasificación, combinado con la gran velocidad del aire, que se necesita en la tubería del mechero al emplear este tipo de horno y enfriador, el ventilador instalado para este objeto es de construcción especial. Además del ventilador principal, que puede dar al aire una presión de 250 mm. en la tubería de impulsión, también se ha dispuesto un ventilador para el aire comburente, que trabaja con una presión de 760 mm. de columna de agua, y con esta combinación se calcula que puede obtenerse fácilmente en el mechero una velocidad de aire de 60 m. por segundo.

La alimentación desde las tolvas, de una capacidad de 90 toneladas cada una, se hace por medio de un cubímetro, al cual se ha agregado un separador magnético de tipo de tambor, para evitar con seguridad la entrada de partículas de hierro, que fortuitamente pudiesen llegar con la pasta.

El principal suministro de carbón llega en embarcaciones hasta el muelle de la fábrica, y al objeto de descargarlo, se ha instalado una grúa eléctrica de 5 toneladas, capaz de descargar carbón desde los vapores, a razón de 100 toneladas por hora, en una tolva montada sobre ruedas, tolva que a su vez entrega el material a un transportador aéreo de dos cables, también de capacidad de 100 toneladas por hora. Este transportador de cable tiene 1 km. de largo, y conduce el carbón, bien directamente a carboneras de acero situadas encima de los molinos, bien a un almacén de reserva situado a nivel del suelo.

Para transportar el carbón desde dicho almacén de reserva hasta las tolvas de la parte alta, se ha instalado una grúa movible de $3\frac{1}{2}$ toneladas, con una cuchara prensora de 1,600 kgs., que puede correr a lo largo de todo el depósito, y también por encima de las tolvas de material pulverizado. La vía de rodadura de esta grúa se ha extendido también de manera que se pueda extraer el carbón directamente de los vagones del ferrocarril, y depositarlo en las tolvas. Se ha

aprovechado, también, el cable aéreo, para trasladar la piedra de yeso a su almacén; y se han tomado igualmente disposiciones para verter dicha piedra de yeso directamente en el extremo de los transportadores de cinta para el clinker.

El clinker se eleva y transporta desde los enfriadores hasta las tolvas de clinker, completamente, por transportadores de cinta acanalados. Estos transportadores son dobles en toda su extensión, teniendo cada uno una anchura de 60 cms., y corren a una velocidad de unos 75 m. por minuto. En primer término, se encuentra un par de transportadores a nivel que corren por debajo de los enfriadores, vertiendo el material sobre dos pares de cintas inclinadas, en serie, que llevan dicho material a la parte superior de la tolva de clinker y lo depositan, luego de medido, en los cubímetros, sobre un par de transportadores de sacudidas, de un brazo de 35 m. cada uno, que pueden disponerse para llenar cualquier punto de las tolvas. Con esta disposición se evita enteramente tener que recurrir a elevadores para el transporte del clinker. Los depósitos de clinker, en número de dos, son de hormigón armado, y cada uno tiene una capacidad de 1,400 toneladas; las tolvas se encuentran a una altura tal que permite la conducción directa del clinker, por medio de alimentadores de mesa, a los molinos de bolas. La instalación de molturación consiste en 14 grupos de molinos de bolas y refinos tubulares, estando los molinos de bolas sostenidos por una plataforma de hormigón y acero, a una altura tal, que el material triturado puede ser conducido, por un corto transportador de tornillo, directamente a los refinos tubulares. Cada uno de los molinos de bolas y cada una de los refinos tubulares constituye una máquina separada, accionada independientemente por un motor de 250 C.V., mediante un reductor de engranaje de ruedas cilíndricas, totalmente cerrado. El engranaje reductor que forma parte del molino mismo, es también de dientes fresados, y va completamente cerrado. Todos los motores y engranajes de estos molinos están instalados en dos salas separadas, situadas debajo de los depósitos de clinker. Estas salas de motores se ventilan y refrigeran por lavadores del aire, que trabajan según el sistema " plenum." De los molinos pasa el material a unos transportadores espirales dobles, embebidos en el espesor del piso, y éstos, a su vez, entregan el producto a un grupo de cuatro elevadores, situados en el centro del edificio. Cualquiera de dichos dos elevadores puede dar abasto a la total capacidad del molino, o sean unas 100 toneladas por hora.

La ventilación de los molinos de bolas se realiza, primero, en el desván o espacio cerrado situado sobre los depósitos de clinker, a fin de dejar sedimentar la mayor cantidad posible de polvo, y después, a través del tejado, en la atmósfera. Los refinos tubulares y todos los transportadores de cemento se ventilan por la acción de dos juegos combinados de ciclón y saco filtrador. El conjunto del sistema, incluyendo tuberías, ciclón, filtro, etc., va recubierto de fieltro, y, hasta el presente, ha resultado plenamente satisfactorio.

El cemento se conserva en almacenes, que ocupan una superficie de unos 3,500 m², y pueden contener 20,000 toneladas de cemento. Los elevadores mencionados al hablar de los molinos vierten el cemento sobre transportadores de cinta, dobles, que lo trasladan directamente, a través de la parte central del almacén, y lo entregan, sucesivamente, a cuatro transportadores similares que

corren por encima del centro de los silos. El vertido del cemento de dichas cintas, en los silos, se realiza por medio de carretillas volcadoras.

Los silos, de una longitud de 20 m., están dispuestos en dos hileras paralelas, dejando un espacio de 7.40 m. en medio; tienen un tornillo de fondo, situado a ras del suelo, a cada lado, precisamente en frente de las puertas de los silos. Hay una vía que corre por el centro del espacio libre, y sobre ella pueden desplazarse cuatro tractores, accionados eléctricamente, provisto cada uno de un motor de 20 C.V., a fin de accionar los rascadores que ayudan a vaciar los silos por los tornillos extractores del fondo. Éstos, a su vez entregan el material a una serie de transportadores de cinta inclinada y de tornillo, que van a parar a depósitos-tolvas, situados sobre las máquinas envasadoras. Todos estos transportadores están directamente acoplados, mediante reductores de engranaje con tornillo sin fin, a motores independientes.

Tres líneas de vías corren paralelamente al almacén junto a la parte exterior de las paredes de los silos, y las instalaciones de envasado están dispuestas a cada lado de estas vías, realizándose, en un lado, el ensacado, y en el otro, el envasado en barriles y bidones.

La instalación ensacadora está compuesta de cuatro máquinas de dos tubos inyectores, que reciben el material de un depósito-tolva de 50 toneladas, que hay encima, por medio de un tornillo extractor y de un elevador de circulación, asegurando, así, una alimentación regular de las máquinas. El elevador de circulación recoge también el material que se desparrama. Las máquinas ensacadoras están provistas de una instalación de captación de polvo. Al ser descargados por la máquina llenadora, los sacos caen sobre un transportador de cinta metálica corta, que, a su vez, los pasa a una plataforma giratoria de 5.20 m. de diámetro. Esta plataforma giratoria está provista de cinco puntos de carga, y los sacos se reunen en montones de una tonelada y un tercio, sobre bragas de cuerda. Las plataformas giratorias son puestas en movimiento por motores que trabajan por medio de reductores de tornillo sin fin, y los cinco puntos de carga van, de este modo, poniéndose sucesivamente bajo el extremo de los transportadores, reduciendo, así, al mínimo, el trabajo de amontonar las embragadas de sacos. Al seguir girando las plataformas, los montones de sacos van a parar debajo de dos grúas eléctricas elevadas, de 1,350 kgs. Estas grúas estan dispuestas de manera que puedan alcanzar la mitad exterior de la plataforma giratoria, y también la vía más próxima, y los montones de sacos, suspendidos en su braga de cuerdas, son levantados en bloque de la plataforma giratoria, siendo depositados directamente sobre los vagones. Los vagones son del ancho normal de vía, con una plataforma plana especial, y tienen una capacidad de carga de 15 toneladas de cemento cada uno.

En la instalación de envasado en barriles y bidones, los elementos principales son seis grupos de máquinas envasadoras mecánicas. Cada par de máquinas es alimentado por una máquina pesadora de cuadrante, cuya plataforma soporta una pequeña tolva de unos 230 kgs. de capacidad, provista de una válvula de compuerta en el fondo. La conducción del cemento a cada grupo (compuesto de seis máquinas) se hace desde una tolva situada bajo uno de los transportadores de tornillo anteriormente mencionados, y está controlada por un par de tornillos de llegada y retorno, y cada uno de los tornillos de llegada está provisto de

tres orificios de descargo, con válvulas de compuerta, que vierten el material a las tolvas situadas sobre las máquinas pesadoras. Los barriles o bidones, después de llenos, son alzados por grúas similares a las usadas para los sacos, y depositados en vagones de plataforma, para su transporte al muelle.

La fig. 6 (véase pág. 12) reproduce un molino " Rema "; la fig. 7 (véase pág. 13), la primera mitad de una tolva de clinker; la fig. 8 (véase pág. 13), los motores de los molinos; las fig. 9 y 10 (véase págs. 14 y 16), los molinos tubulares y de bolas; la fig. 11 (véase pág. 17), una plataforma giratoria para la instalación de la ensacadora " Bates."

Muelle.—La fábrica está situada a alguna distancia del río, y el cemento cargado se transporta al muelle en trenes de unas 200 toneladas.

Se han instalado dos grúas eléctricas, de unos 1,350 kgs. de capacidad cada una, capaces de cargar a razón de 80 a 100 toneladas por hora. El calado de agua disponible cuando el nivel está más bajo es de 7 m. El antiguo muelle de carbón, que tiene 150 m. de largo, ha sido también reconstruído y ahondado, y como ya se ha dicho, se ha instalado una grúa eléctrica de pórtico, de 5 toneladas, para transportar el carbón y la piedra de yeso hasta el cable aéreo.

Instalación eléctrica.—Toda la energía consumida en la fábrica se adquiere del exterior. Los suministros adicionales que se necesitaron al hacer la reorganización, exigieron la ampliación de la sub-central, a fin de suministrar la potencia total de 5,000 K.W., requerida actualmente. La transmisión de la energía por la Compañía suministradora se efectúa a 33,000 volts, y la reducción a 3,000 volts, forma en que se recibe la corriente; se realiza por medio de transformadores situados en la sub-central, instalada por la Compañía suministradora en la misma fábrica.

La instalación propia de la fábrica empieza en el interruptor de 3 K.V. por el que pasa todo el suministro de energía de la fábrica. El cuadro es de ocho paneles, construído con elementos aislados al aire. Este cuadro está alojado en una sala de aparatos, contigua a los interruptores de 3 K.V. de la Compañía suministradora, y va dispuesto de forma tal, que las barras de ambos equipos están alineadas, de modo que, mediante esta disposición, dichas barras son continuas para ambos cuadros, aun cuando cada uno de ellos se encuentre en un local separado. Los paneles de alimentación de la sub-central controlan siete " feeders " radiales, conectadas entre si de tal manera, que resulten las seis sub-centrales locales alimentadas a 3,000 volts per dos líneas diferentes.

La potencia de los motores varía entre 400 C.V. y $\frac{1}{2}$ C.V., y a excepción del convertidor de 120/40 C.V., de corriente alterna de velocidad variable, y a 500 volts, que alimenta los motores del horno, para todos los motores de 100 C.V. a más se emplea directamente corriente de 3,000 volts, y para los motores de fuerza inferior a dicha cifra se emplea corriente de 500 volts (obtenida por medio de transformadores de 3,000/500). El alumbrado se suministra por corriente trifásica a 110 volts, que se obtiene por medio de convertidores situados en cada sub-central.

Cada una de las sub-centrales está equipada con los interruptores y transformadores necesarios para atender al suministro de energía y luz para la sección correspondiente de la fábrica. Esta disposición permite el aislamiento del suministro en cualquier sección, sin afectar a las otras, y facilita la comprobación del consumo y coste de la energía en cada uno de los distintos procesos de fabricación. Las sub-centrales son todas semejantes, y su equipo es idéntico en todas ellas. La mayor de dichas sub-centrales es la de la sección de molturación y envasado, que está provista de un cuardo de 3,000 volts, un cuadro de 500 volts y los transformadores necesarios. El espacio disponible para el emplazamiento de esta sub-central, como para todas las demás, era limitado, y los transformadores fueron montados en el techo de la sub-central, que es un edificio de hormigón armado, construído sobre el local de los molinos.

Todos los motores son del tipo cerrado y protegido; los motores grandes, no menores de 100 C.V., son máquinas de 3,000 volts, de anillos rozantes y tipo normal, controlados por armarios de maniobra y aparatos de puesta en marcha, de resistencia líquida, ampliamente graduados. Los motores de menos de 100 C.V. son motores protegidos por escudo, con cojinetes de rodillos o de bolas de cierre especial, con todas las aberturas de ventilación en sentido vertical, equipados con ventiladores que hacen circular aire refrigerante a gran velocidad a través de los bobinados y de sus núcleos; el efecto del sistema cerrado y ventilado es el de evitar el depósito de polvo en los motores que trabajan en ambientes cargados de polvo de cemento. Los motores de menos de 100 C.V. y más de 30 C.V. son del tipo de anillos rozantes, controlados por reostatos de stator, sumergidos en aceite, montados sobre el suelo, con aparatos de puesta en marcha independientes, sumergidos en aceite, ampliamente calculados, estando el reostato de aceite y el aparato de puesta en marcha englobados en un solo aparato. 70% de los motores de 500 volts son de menos de 30 C.V., y son máquinas del tipo de caja de ardilla, de alto par de arranque, controladas por aparatos de puesta en marcha sumergidos en aceite, tanto del tipo de caja de ardilla como de conexión directa. Los motores de caja de ardilla de alto par de arranque se limitaron en 30 C.V., a causa de que la intensa corriente de arranque, implicada por las potencias superiores a esta cifra, alteraría el voltaje de la linea, y aumentaría el coste de los aparatos de control por encima de toda cifra económica.

Todos los motores y aparatos reguladores son de construcción sencilla y sólida, estando proyectados para un servicio continuo. El tipo y tamaño de los aparatos reguladores y las potencias y velocidades de los motores han sido unificados todo lo possible, y todos los equipos iguales son intercambiables, tanto mecánica como eléctricamente, dando por resultado la reducción al mínimo del número de recambios y piezas de repuesto necesarios.

La distribución final a cada motor de 500 volts se hace por separado, sobre un cuadro distribuidor provisto de válvulas fusibles, de una capacidad de interrupción de 50,000 KVA, que dan la interrupción instantánea de una línea en corto circuito. Los fusibles protegen completamente los aparatos de control de precio moderado, para los circuitos de gran potencia, y otros fusibles

independientes permiten, en forma eficaz, el pronto aislamiento del circuito de cada motor, para su inspección o reparación.

Los hornos rotatorios han sido construídos por la casa F. L. Smidth & Co., Ltd.; los cables, por W. T. Henley's Telegraph Works, Ltd.; la instalación de molturación del carbón, por la British Rema Manufacturing Co., Ltd.; el cable aéreo, por la British Ropeway Engineering Co., Ltd.; el pontón de arcilla, por Priestman Bros., Ltd.; el elevador volcador de vagones, por la Mitchell Conveyor and Transporter Co., Ltd.; las grúas eléctricas, por Stothert & Pitt, Ltd.; las válvulas reguladoras, por G. Polysius, A.G.; los ventiladores, por la Sturtevant Engineering Co., Ltd.; las máquinas pesadoras, por W. & T. Avery, Ltd.; las locomotoras, por Hawthorn, Leslie & Co., Ltd.; el equipo eléctrico, por la Metropolitan-Vickers Electrical Co., Ltd., y la English Electric Co., Ltd.; los interruptores y desconectadores, por A. Reyrolle & Co., Ltd.; el enfriador de cemento, por Vickers-Armstrongs, Ltd.; los reductores de engranaje, por H. Wallwork & Co., Ltd., y la Power Plant Co., Ltd.; los transportadores de cinta, por Fraser & Chalmers, Ltd.; siendo, finalmente, las máquinas pesadoras, de la casa "Bates."

NOTA DEL EDITOR.

EL Editor de "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE" Internacional invita a los lectores de esta Revista a enviar artículos para su publicación. El original puede estar en español, inglés, francés o alemán, y será traducido a los otros tres idiomas por traductores especialistas.

Se admiten artículos sobre toda clase de ideas o progresos nuevos de fabricación, química o ensayo de cementos, o de asuntos relacionados con el cemento de interés general para su industria. También se desean descripciones y grabados de nuevas fábricas de cemento en todas partes del mundo. Todas las colaboraciones serán bien retribuídas.

Se invita también a los constructores de maquinaria para la fabricación del cemento a que envíen datos y grabados referentes a las nuevas fábricas instaladas por ellos, y a las nuevas instalaciones de sus propias fábricas.

Todos estos artículos deben dirigirse a: The Editor, "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, Inglaterra, por correo certificado.

Algunas propiedades físicas de los cementos hidratados.

por R. E. STRADLING, M.C., D.Sc., Ph.D., M.Inst.C.E.

(Director de "Building Research"—Inglaterra) (Investigación sobre construcciones).

Como queda mencionado en distintas memorias publicadas por la Estacion de Investigación sobre Construcciones (Inglaterra), desde hace algun tiempo se está realizando un trabajo con el fin de explicar algunos de los fenómenos relacionados con los materiales "geloides" usados en la prática de la construcción. Uno de los más importantes de este grupo de materiales es el cemento Portland, y tal vez será interesante tratar ahora de dar una breve idea de la orientación que, en opinión del autor, señala el trabajo de la Estación, especialmente por lo que respecta a las obras de cemento y hormigón.

En la Memoria[1] del Consejo de Investigación sobre construcciones correspondiente al período que terminó el 31 de Diciembre de 1926, se proponia una clasificación de materiales de construcción, insistiendo especialmente en la necesidad de más información sobre el grupo de materiales denominados "casi sólidos o gels." El trabajo de los dos últimos años ha hecho resaltar cuán urgente es esta necesidad, y cuán poco es lo que realmente se conoce sobre este particular. Las principales propiedades mecánicas de un material geloide, que lo distinguen de un agregado cristalino, son: que el volumen cambia cuando cambia el contenido de humedad, y que este cambio de humedad va acompañado de un cambio en la resistencia y de una alteración en el valor de la relación esfuerzo a tensión. El término "gel" se ha empleado a causa de que los materiales de construcción acusan ese modo de conducirse, sin intención alguna de especifica una estructura capilar determinada. Los cambios de volumen son, indudablemente, la causa del agrietado y disgregación de las probetas de hormigón y cemento, y sin embargo, no se conoce bastante acerca de ellos para poder precaverse contra su acción en la práctica.

Trabajos recientes publicados en los Estados Unidos de América y en Alemania prueban que el problema de la estructura geloide se aprecia cada vez más. En tales países, el trabajo se refiere, principalmente, a los movimientos que tienen lugar cuando los cementos fraguados se humedecen y secan. Los movimientos mencionados son todos del mismo orden que los obtenidos en la Estación de Investigación sobre Construcciones. Durante el último año, varias secciones de la Estación estuvieron trabajando sobre las propiedades de estos materiales geloides, haciendo referencia especial a los cementos del tipo Portland. Al revisar su trabajo, parece posible ofrecer una tentativa de explicación de algunos de los fenómenos asociados con los procesos de fraguado y endurecimiento. Esta explicación presenta más bien el carácter de una hipótesis de trabajo que el de una prueba demostrada; pero, aun corriendo el

[1] Pags. 1-12, 43-48.

riesgo de hacer un trabajo prematuro, parece valer la pena el tratar de apreciar la importancia del caudal de datos recogidos en la Estación.

En la fig. 1 (véase pág. 20) se representan unas curvas que indican la expansión que con el tiempo tiene lugar al sumergir en agua muestras desecadas previamente de distintos materiales de construcción. Los diferentes materiales se dilatan en proporciones diferentes, y el cambio de volumen final parece depender de dos factores, siendo ambos de gran importancia práctica. Estos factores son: primero, la cantidad de material susceptible de entumecimiento que contiene; y segundo, la facilidad de penetración del agua.

Compárese, por ejemplo, el caso del cemento puro y del hormigón de clinker Debe haber mucho más material geloide en estado latente en la pasta pura de cemento que en el hormigón, y sin embargo, el cambio de volumen de este último es mucho mayor que el de la primera substancia. El clinker en cuestión es de volumen completamente estable, y si está solo no es de los que acusen gran expansión por causa de la humedad. La explicación de la anomalía aparente es que el hormigón de clinker es muy permeable, de modo que el agua puede llegar más fácilmente al cemento.

Ésto queda más claramente indicado en las figs. 3 a 8 (véase págs. 22-23) que muestran las variaciones de volumen de varias muestras de cemento de distinto espesor, al ser conservados al aire y en agua. Las figs. 3, 4 y 5 (véase pág. 22) se refieren a la expansión de muestras de pasta pura de cemento de distinto espesor, conservadas en agua. La fig. 3 se refiere a un cemento Portland normal. La fig. 4 se refiere a un cemento de endurecimiento rápido. La fig. 5 se refiere a un cemento aluminoso.

Las figs. 6, 7 y 8 (véase pág. 23) se refieren a la contracción de pasta pura de cemento de distinto espesor, conservadas al aire. La fig. 6 se refiere a un cemento Portland normal. La fig. 7 se refiere a un cemento de endurecimiento rápido. La fig. 8 se refiere a un cemento aluminoso. Se advertirá que en cada caso, cuanto más delgada es la muestra, mayor es el movimiento, bien sea que el agua pugne por salir a la superficie, como sucede en la conservación al aire, bien por entrar, como sucede en la conservación en agua. La naturaleza semi-impermeable del cemento hidratado ofrece considerable resistencia. El cambio de volumen efectivo, medido en las muestras, es realmente la suma de los efectos del cambio de volumen ocasionado por la humedad en la película exterior, y de la tensión del núcleo. De esta forma, si se trata de agua que entra, la película externa se dilata, y es retenida por el núcleo interior (más seco); y cuando la muestra se está secando, la película exterior se contrae, y vuelve otra vez a ser contrarrestada por el núcleo interno (más húmedo).

Es evidente que si el material geloide puede ser alcanzado por el agua, cuanto más rica en cemento sea la muestra, mayor será la variación de volumen experimentada. Pero en la práctica, aun cuando la cantidad de cemento existente tenga finalmente alguna influencia cuando las muestras se conservan por largos plazos al aire o en agua, sin embargo, la permeabilidad es un factor; tan preponderante que los movimientos de las masas de hormigón usadas en la

práctica suelen depender más de esta circunstancia que de la dosis de cemento, por lo que se refiere a los cambios normales de humedad diarios.

Las variaciones de volumen reproducidas en la fig. 1 son, como ya se ha dicho, las realizadas humedeciendo muestras previamente desecadas. Pero los movimientos que tienen lugar durante el fraguado y endurecimiento, acostumbran a revistir mayor gravedad. En la fig. 2 (véase pág. 21) se reproduce una microfotografía de una superficie pulimentada de cemento fraguado (con aumento de 90 diámetros). Se ven claramente dos elementos componentes principales, indicados por las partículas blancas que se destacan sobre fondo más oscuro. Estas partículas blancas son de clinker de cemento sin hidratar, que al ser alcanzadas por el agua se hidratarán y dilatarán. Cuando se agrega agua al polvo del cemento al efectuar el amasado, se hidratan las superficies de las partículas, formando un revestimiento bastante impermeable, aunque no lo es do un modo absoluto. De esta forma, el centro de la partícula podrá quedar sin hidratar aun después de muchos años de estar sumergido en el agua. El por qué de este fenómeno puede ser sólo conjeturado en el momento presente, pues en los primeros tiempos siguientes al amasado no hay duda de que el agua puede penetrar, y penetra realmente, con bastante facilidad dentro de la cubierta hidratada de una partícula.

Antes de proseguir esta discusión, es preciso ahora hacer alguna aclaración relativa a la cuestión de la " sinéresis." Cuando se forma un " gel " de sílice por la mezcla de ciertas dosis de ácido clorhídrico y silicato de sodio, el " gel " resultante contiene, aproximadamente, un 5% de sílice y un 95% de agua (y sal común). Es una masa relativamente rígida, y si se la deja en reposo, se forman gotas de líquido sobre la superficie, y pronto se desprende el gel de las paredes del recipiente. Esta sinéresis tiene lugar aun dentro del agua. El líquido " sinerizado " es prácticamente agua (con sal disuelta). Todavía no resulta claro cómo puede aplicarse directamente el trabajo experimental realizado sobre la sinéresis de los gels de sílice al caso de los gels de cemento, pero parece natural suponer que la sinéresis es una propiedad general de los gels rígidos, y que, por lo tanto, no debiera ser perdida de vista. Si bien los esfuerzos realizados en la Estación de Investigación sobre Construcciones para medir la sinéresis de los cementos, no han dado más que resultados negativos, ésto no debería sorprendernos, Recordando que la sinéresis de un gel de sílice consiste en la expulsión del exceso de agua hasta llegar a la cantidad " absorbida " (1) en las condiciones de humedad de una saturación externa completa, debe tenerse presente que el agua de amasdo agregada a un cemento es una cantidad muy arbitraria, y probablemente no es suficiente para dar una hidratación completa de todo el cemento, aunque ésta fuera físicamente posible. Solamente se hidratan las superficies de las partículas de cemento, ésto es, aproximadamente un 30% a 40% del cemento presente, de modo que el agua se encuentra tal vez en la estructura del gel, poco

[1] Véase " Effects of Moisture Changes on Building Materials " (Efectes de los cambios de humedad en los materiales de construcción), por R. E. Stradling (B. R. Bulletin No. 3) si se desea hallar una breve discusión de esta terminología y otras similares usadas en el presente artículo.

después del amasado, en una cantidad superior a la de equilibrio, con una humedad exterior correspondiente a la saturación completa. En los primeros tiempos, el agua puede penetrar muy lentamente esta película hidratada, pero esta penetración parece pronto volverse más lenta, probablemente a causa de ir cerrándose los canales por los cuales tiene que pasar el agua. Pero esta penetración y la consiguiente nueva hidratación bastan probablemente para incorporarse la cantidad de agua que en los primeros momentos se hubiera sinerizado, resultando que no aparece nada de agua sobre la superficie de las probetas.

Volviendo a nuestro tema, y suponiendo que la sinéresis es una propiedad general de estos gels rígidos, resulta claro que, aunque las muestras de cementos hidratados se sumergieran en agua inmediatamente después del amasado, debería tener lugar una contracción, motivada por la estructura geloide existente. No obstante, con los cementos Portland normales, se obtiene experimentalmente el resultado opuesto. Ésto podría inducir a suponer que, o bien la sinéresis no tiene lugar, y que los gels de cemento, aun en su formación, contienen menor cantidad de agua de la necesaria para el equilibrio con la saturación externa, o bien, al contrario, la cubierta de cemento hidratado es permeable al agua en sus primeras épocas, y gracias a ello tiene lugar una nueva hidratación que produce la expansión observada cuando se conservan en agua probetas de cemento Portland recién preparadas.

Otros fenómenos, que se examinarán más adelante, parecen todos indicar que puede tener lugar esa nueva hidratación. Es razonable, por lo tanto, suponer provisionalmente que la segunda de las dos hipótesis es la verdadera, o sea que el cemento hidratado no debiera ser considerado distinto de los demás gels rígidos, y que la expansión observada es debida a la nueva hidratación producida por el paso del agua a través de la envoltura.

Sin embargo, los trabajos de experimentación prueban que esta nueva hidratación causada por la conservación en agua no tiene gran transcendencia. La fig. 3 representa todo esto a base de los trabajos realizados en la Estación de Investigación sobre Construcciones. Las muestras de Cemento Portland normal (en pasta pura) sobre las que se realizaron las mediciones no se dejaron llegar a secar desde el momento de su amasado. Consistían en barras triangulares de unos 5×10 cms. en las que a cada extremo se insertaban pequeñas bolas de metal. Las mediciones se realizaron entre ambas bolas por medio de un micrómetro. Las barras formaban tres series cada una de las cuales era de un espesor determinado. En cambio, su longitud y anchura eran iguales para todas (10×5 cms.). La inserción de las bolas se realizó de manera que en todos los casos la longitud calibrada sobre la que se realizaban las mediciones era de 75 mms.

El espesor de las tres series era de 3 mms., 12 mms., y 50 mms. Según se ve, los primeros cambios de volumen fueron rápidos, y mucho mayores en las probetas más delgadas que en las más gruesas. Despúes de algún tiempo, las curvas parecieron hacerse casi paralelas, y aun cuando todas están aumentando de longitud, el régimen de aumento parece ser lento e independiente del espesor.

Pareceque en las primeras épocas tanto la acción química de la primera hidratación como le endurecimiento del material vayan aumentando; el material no se ha endurecido formando una masa, y el agua puede penetrar. Más adelante, sin embargo, estos tres efectos parecen suspenderse o retardarse. Probablemente, los dos primeros cesan, y la penetración de agua se hace muy lenta. Pero alguna cantidad de agua debe penetrar, pues de otra forma no tendría lugar ninguna nueva hidratación y sería difícil de explicar el aumento progresivo de longitud.

Más adelante se indicarán algunas de las consecuencias de estos cambios de volumen producidos por hidratación; pero desde luego, deben mencionarse los experimentos de A. H. White en los Estados Unidos de América. White ha efectuado mediciones de la dilatación de barras de cemento en períodos de unos 19 años, y ha hallado que, al conservar en agua durante dos años una barra que previamente se ha dejado secar, tuvo lugar una expansión lineal de aproximadamente 0.5%. Al cabo de los 19 años, todavía continuabanteniendo lugar la expansión y contracción con el humedecimiento y desecación alternados, y de esta manera adquiere algún fundamento la hipótesis de que estos efectos de la humedad deben también tener influencia sobre la vida de una construcción en la práctica.

Cementos de endurecimiento rápido.

Desde el punto de vista físico, los cementos de endurecimiento rápido, sean del tipo Portland o de la variedad aluminosa, pueden considerarse como tipos en que, como lo indica el término, los procesos de fraguado y endurecimiento se realicen en períodos muy cortos comparados con los del cemento Portland.

En las figs. 4 y 5 (véase pág. 22) se ven las curvas obtenidas con muestras de cementos Portland de endurecimiento rápido y aluminoso, de forma y tamaño similares a los del cemento portland empleado en la obtención de la fig. 3 (véase pág. 22). En general, ocurren los mismos fenómenos, siendo la única discrepancia de importancia la que se observa en la muestra de cemento aluminoso de 5 cms. (Fig. 5, véase pág. 22). En este caso, aun con la conservación en agua, tiene lugar en primer término una contracción seguida de una expansión similar a la de los otros cementos. Esta contracción es típica en las probetas grandes de cemento aluminoso. Se supone que ésto es debido a la sinéresis del gel formado durante los procesos químicos, y que se registra en estas probetas mayores porque los procesos químicos son mucho más rápidos en ellos, y porque el material fragua, y se vuelve relativamente impermeable al poco tiempo. El mismo fenómeno tiene lugar con los hormigones.

La conservación al aire de las muestras de cemento presenta un cuadro de condiciones bastante diferente. El factor principal es la desecación. En las fig. 6, 7 y 8 se ven curvas obtenidas de muestras de tamaños similares a los usados para las curvas precedentes.

En todos los casos tiene lugar una contracción, y cuanto más delgadas son las muestras mayor es el cambio de volumen total, aun cuando al cabo de algún tiempo los cambios de volumen se hagan constantes y las curvas quedan paralelas, difiriendo únicamente en la inclinación al variar el grado de humedad de la atmósfera de conservación. Si bien toda hidratación queda aparentemente

suspendida, parece probable que, con tal que el aire ambiente contenga cantidades apreciables de humedad, podrían tener lugar, aunque fuese en pequeña escala, nuevas hidrataciones, cada vez que se presentara algún desequilibrio mecánico capaz de poner al descubierto partículas no hidratadas de clinker. El que tal hidratación pueda tener lugar después de una ruptura del equilibrio molecular, se demuestra por el fenómeno de la " curación autógena," término aplicado a la recuperación de resistencias del hormigón después de haber sufrido uns disgregación parcial.

Morteros y hormigones.

La mayor parte del hormigón usado en la construcción debe forzosamente fraguar y endurecerse al aire. Es bien sabido que, si se usa pasta pura de cemento, se agrieta mucho, y que este agrietamiento se reduce considerablemente cuando se agrega a la mezcla una materia de relleno inerte, tal como arena, grava o cualquiera otro material parecido. Naturalmente, la reducción del agrietamiento no es la razón principal del empleo del hormigón en lugar de la pasta pura; la cuestión del coste tiene, desde luego, gran importancia. Pero queda el hecho de que la pasta pura de cemento en grandes superficies no serviría (en las condiciones normales del uso práctico) como material de construcción, a causa de la contracción que experimenta al secarse.

En qué consiste, ahora, que la adición de material inerte disminuya el agrietamiento? En primer lugar, se supone que se realizan concentraciones del esfuerzo debido a la contracción del cemento, al rededor de las partículas inertes; éstas producen un relleno y después la relajación de las tensiones. En segundo término, si la relajación no tuviera lugar por este medio, se producirían diminutas grietas en la cubierta del cemento y sobre las partículas inertes, que permitirían se efectuase entonces la relajación de tensiones. Si no tiene lugar ninguno de ambos fenómenos, o si por razón de las particularidades de forma de la masa del hormigón se hace posible un modo más fácil de relajación por un agrietamiento mayor, entonces ni siquiera la presencia del agregado inerte podrá impedir la formación de grietas de importancia en la pasta pura de cemento.

Las mediciones realizadas en la Estación de Investigación sobre construcciones acerca de las condiciones de relleno del cemento y del hormigón bajo carga han demostrado que cuanto mayor es el esfuerzo impuesto mayor es el grado de relleno, y que cuanto más vieja es la muestra menor es el relleno. El agrietado microscópico también tendrá probablemente mayor acción cuando la resistencia sea menor, esto es, también en los primeros tiempos. El agrietado microscópico parece tener una importancia máxima con relación a la conservación cuando se requiere un hormigón impermeable, y ésto se nota aún más cuando, en este sentido, se comparan los cementos normales y los de endurecimiento rápido.

Será útil citar un ejemplo, tal vez exagerado, de dicho efecto. Tomando piedra pómez pulverizada como relleno inerte y gel de sílice como cemento, pueden prepararse muestras que se contraen mucho más que un cemento normal. Para obtener una representación visible se preparan unos cubos se distintas

mezclas de gel de sílice y piedra pómez en polvo. Los marcados con 100% en la fig. 9 se formaron rellenando completamente el molde con el polvo de piedra pomez y vertiendo encima gel de sílice formado mezclando vidrio soluble con ácido clorhídrico. El marcado con 75% se produjo llenando el molde hasta sus tres cuartas partes de polvo de piedra pómez y agregando el aglomerante geloide, y agitando el molde mientras el cemento fraguaba. De la misma manera, los cubos de 50% y de 25% se elaboraron llenando el molde hasta la mitad y hasta la cuarta parte, respectivamente, con polvo de piedra pómez, añadiendo entonces el gel y agitando el molde continuamente hasta terminar el fraguado. El gel puro se formó moldeando un cubo de sílice sola. Las fotografías de la fig. 9 (véase pág. 27) muestran el aspecto de los cubos al final de los diversos períodos se secado. El material aglomerante contenía aproximadamente un 95% de agua, de modo que la contracción en el secado fué suficiente para producir la disgregación del cemento alrededor de la piedra pómez.

Examínese primero la serie de fotografías de los cubos de 100% de piedra pómez. Se verá que el tamaño de los cubos al cabo de 27 días no había cambiado de moto apreciable; más bien había tenido lugar una pequeña expansión. El material aglomerante (gel de sílice) se había disregado completamente alrededor de las partículas, que estaban muy sueltas, y si el cubo hubiera sido manipulado en equel momenta, de no hacerlo con el mayor cuidado se hubiera desmoronado en un montón de polvo parecido al de piedra pómez con que en un principio se había rellenado el molde. Examínese ahora la serie rotulada "gel de sílice." Esta era de aglomerante puro; se verá que el cubo ha disminuído gradualmente de tamaño y que en último término se han producido grandes grietas, desprendiéndose pedazos. Los cubos de composición intermedia se han comportado en una forma intermedia entre las de los dos casos comentados.

En la fig. 10 (véase pág. 29) se ven fotografías de las caras de algunos de estos cubos en distintas épocas. La aparente nebulosidad de las fotografías de los cubos recientes se debe a estar los granos de pómez recubiertos por gel de sílice.

Un examen de estas fotografías permite hacer las deducciones siguientes:

(1) Cuanto mayor es la dosis de cemento, mayores son las grietas producidas por la contracción.

(2) Cuando mayor es la dosis de cemento, mayor es la contracción total.

(3) En las mezclas más ricas, la disgregación tiene lugar formándose primero grandes grietas y luego otras más pequeñas alrededor de las partículas existentes de agregado.

(4) En las mezclas más pobres (100% de piedra pómez), como el agregado no puede contraerse más, la disgregación tiene lugar alrededor de las partículas individuales de piedra pómez.

En la práctica, los movimientos de contracción de un cemento no son, naturalmente, del mismo orden que los del gel de sílice. Pero los casos son análogos, y se discute que, si no se realiza ésto, no se entenderán las razones del modo de conducirse del mortero y hormigón. En otras palabras, es necesario mantener en la mente la imagen de un cemento que se contrae alrededor de partículas inertes redondas, si no deben quedar en la obscuridad las causas de las anomalías del ensayo del cemento y del hormigón.

Para terminar, puede insistirse en que una masa de hormigón o mortero sufre ordinariamente numerosas tensiones internas a causa de la contracción desigual de las distintas porciones de la masa, además de los esfuerzos introducidos por la contracción inicial. Aparte de ésto, deben tener lugar tensiones muy grandes cuando se produce una nueva hidratación (por ejemplo, por la conservación en agua, de partículas previamente deshidratas. Tales tensiones deben producir la disgregación o ser relajadas por relleno. La disgregación no es tan fuerte en el caso de inmersión total, ya que la hidratación tiende automáticamente a soldar las fracturas.

Hasta tanto que no se entienda mejor el mecanismo de estas relaciones de humedad, el control de disgregación y fenómenos similares no será posible en la práctica. Asi como el estudio del tratamiento térmico de los metales ha abierto nuevos campos en la ingeniería mecánica, de la misma manera la investigación del fenómeno paralelo del " tratamiento por la humedad " del cemento y de los materiales derivados del mismo deberá permitir la obtención de nuevos éxitos en la ingeniería de la construcción.

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

INTERNACIONAL

(El cemento y su fabricación).

Tarifas de subscripción.

A CAUSA del considerable aumento en el coste de la publicación de "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE " en su nueva forma, ha sido necessario aumentar su precio a 2 chelines el ejemplar. La tarifa de subscripción anual (incluyendo gastos de correo a cualquier punto del mundo) es de 24 chelines. Los actuales subscriptores que figuran en nuestra lista de subscripciones pagadas por adelantado continuarán recibiendo los ejemplares a la tarifa antigua hasta la expiración de su actual subscripción.

Las subscripciones anuales deben enviarse a " CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE," 20, Dartmouth Street, London, S.W.1, Inglaterra, y a su recibo se enviará regularmente un ejemplar cada mes por toda la duración de la subscripción.

Propriedades esenciales del cemento no garantizadas todavía por el fabricante.

por el PROFESSOR OTTO GRAF, de Stuttgart.

El ensayo de materiales para las pruebas tipo debiera realizarse de manera que los resultados de dichos ensayos pudieran aplicarse a la práctica efectiva. Tratándose del cemento, sin embargo, no puede decirse que se satisfaga completamente esta prescripción tan recomendable.

Las resistencias del cemento a la compresión y a la tracción, por ejemplo, se determinan usualmente sobre probetas formadas únicamente de cemento y arena, que no suelen ser aplicables a la práctica. Es cierto que los resultados de ensayos sobre morteros dan una idea aproximada de la resistencia del cemento empleado para producir hormigon, pero el ensayador puede equivocarse a menudo al deducir las conclusiones sacadas de tales ensayos. Se están realizando experimentos en distintos países para combinar un sistema más perfecto de efectuar los ensayos a la compresion y a la tracción, y a mi modo de ver, debieran emplearse en ellos morteros plásticos, utilizando arena bien clasificada.

A fin de prevenir la contracción y expansión de las construcciones de hormigón, es preciso disponer juntas en las mismas. También es necesaria una curación cuidadosa, para evitar que el hormigón se seque demasiado rápidamente. Tales precauciones aumentan el coste de las construcciones de hormigón, de forma que se obtendría un progreso considerable con la producción de un cemento que no experimentase contracción, o cuando menos, que fuese menos susceptible de contracción que los cementos actuales.

La resistencia del cemento a los ácidos corrosivos está relacionada con la composición química del cemento, y todavía no se ha hallado una solución satisfactoria del problema. En este sentido puede decirse que en muchos casos la práctica no ha confirmado la suposición general de que es la dosis de cal la que hace al cemento susceptible de ser atacado por los ácidos.

La permeabilidad del hormigón es un punto de gran importancia en la construcción de tanques y obras destinadas a contener agua, requiriendo especial atención la selección de un cemento adecuado para tal objeto. En ensayos realizados he visto que, aun cuando una muestra de hormigón elaborado con determinado cemento permanezca impermeable al someterla a una presión de agua de 7 atmósferas, otra muestra similar, preparada con un cemento diferente, resulta permeable sometiéndola a la presión de una sola atmósfera. Los ingenieros expertos saben qué cementos producen el hormigón más impermeable, pero sería muy conveniente descubrir las propiedades especiales, que hacen que un cemento sea más impermeable que otro, por lo que se refiere a su composición química y métodos de fabricación.

En toda discusión sobre el ensayo de cementos, es preciso tener presente que las propiedades de los materiales dependen mucho de las Normas vigentes. En el caso del cemento, también, las propiedades especificadas reciben la maxima atención.

Sobre Ensayo de Cementos.

por el Prof. Dr. HANS KÜHL.

Del Instituto de Investigación Técnica del Cemento, Escuela Politécnica de Berlín.

Las Normas o Pliegos de Condiciones del cemento en el mundo entero forman un laberinto a través del cual aún a los peritos les cuesta descubrir el camino, siendo las diferencias tan grandes, que se requiere una investigación minuciosísima para señalar un solo punto sobre el que estén de acuerdo las normas de los diferentes países.

Empezando con las definiciones, tropezamos con las opiniones más divergentes sobre qué es lo que debe entenderse por clinker de cemento Portland. Mientras algunos países entienden que el clinker de cemento Portland es un clinker fabricado mediante la cocción de una mezcla artificial íntima de materiales que contengan cal y substancias arcillosas, otros países permiten clasificar como clinker de cemento Portland materias que se fabrican por la cocción de productos naturales que ya poseen la composición química adecuada para la producción de cemento, sin ninguna preparación artificial de las primeras materias.

Mayores diferencias hay todavía con respecto a lo que deba entenderse por cemento Portland. Las Normas Británicas, por ejemplo, prescriben que después de la cocción del clinker solamente puedan agregarse piedra de yeso y agua, mientras que Alemania y otros países son más tolerantes en este sentido, y dentro de ciertos límites permiten la adición de otras substancias que sirven para regular el tiempo de fraguado o para otros fines. Y otros países, como Italia, se abstienen completamente de una definición estricta. Por consiguiente, en Italia, junto con el clinker cocido pueden molerse materias extrañas sin perjudicar el valor comercial del producto, siempre que sus propiedades técnicas estén de acuerdo con la especificación.

No pretendo examinar en detalle las muchas diferencias de importancia secundaria que se presentan en los Pliegos de Condiciones de los diferentes países, por lo que respecta a la finura, densidad aparente y tiempo de fraguado, pues en este respecto, cuando menos, existe una armonía fundamental y un proceso general de ensayos que eliminan las diferencias excesivas. Las opiniones relativas al método de ensayo de la inalterabilidad de volumen parecen ser más variadas. Al paso que casi todos los países especifican el ensayo al agua fría a los 28 días, a menudo tropezamos con la demanda de un ensayo acelerado de inalterabilidad de volumen y en este sentido también nos encontramos con la diversidad más asombrosa. Los ensayos acelerados acostumbran especificar una temperatura de 100° C., pero Australia exige una temperatura de ensayo de 80 a 94° C., y mientras la mayoría de las naciones usan el ensayo a la ebullición en una forma u otra (sea el ensayo de probetas o el de Le Chatelier), otras, como Polonia, especifican que las muestras para el ensayo sean sometidas al vapor en vez del agua.

Tales diferencias en las Normas son enormes, sobre todo, cuando se trata de los ensayos de resistencia. La calidad del cemento depende, bien de su resistencia a la tracción, bien de la que oponga a la compresión o de una combinación de varios ensayos de resistencia. Hay normas para el ensayo de la pasta pura de cemento, y también para el de las mezclas de mortero. Algunos países ensayan morteros plásticos, otros usan morteros de consistencia de " tierra húmeda." La fabri-

cación mecánica de probetas pretende poseer gran superioridad sobre el moldeado a mano. Aún entre los mismos métodos de moldeado de las probetas hay diferencias notables: el aparato de martillo es diferente del mazo pisón, y la espátula es distinta del método de preparación con los dedos. No ha de sorprender, por lo tanto, que los valores de resistencia exigidos varíen en alto grado, ya que estas diferencias afectan no solamente a la norma específica del ensayo, sino que estriban también en interpretaciones fundamentalmente diferentes de dichas normas. Lo que precede bastará para demostrar, no sólo al perito, sino incluso a los no familiarizados con la cuestión, que estamos aún muy lejos de métodos uniformes de ensayo del cemento, tales como los que desea introducir la nueva Asociación Internacional para el Ensayo de Materiales.

Parecería evidente que la variedad de pliegos de condiciones correspondiera a una variedad similar de procesos técnicos en los distintos países, pues en último término, las normas denotan los resultados que aspiran a alcanzar los fabricantes. En realidad, sin embargo, sucede lo contrario. La calidad del cemento es aproximadamente la misma en todos los países de progreso técnico equivalente. Dado que la calidad no varía en mucho, a pesar de la falta de uniformidad de las especificaciones, puede deducirse que las normas, con todas sus diferencias, están sin embargo en armonía con las fábricas de cemento para cuya orientación han sido preparadas. Este hecho debe ser tenido muy en cuenta por aquéllos que persiguen una simplificación internacional de los Pliegos de Condiciones. No tiene, por ejemplo, gran importancia que la dosis de anhídrido sulfúrico esté limitada a 2.5% o a 3%; que el residuo máximo admisible al tamiz de 4900 mallas por cm^2 alcance a 20 ó 25%; que se adopte el ensayo a la ebullición de Michaelis, o el de Le Chatelier; que el tiempo de fraguado se determine por medio de la aguja de Vicat o la de Gillmore; o que la resistencia se ensaye empleando morteros plásticos o de consistencia de tierra húmeda. El objeto de este artículo no es el de tratar de tales minucias. Prefiero examinar algunas ideas generales sobre el ensayo y clasificación de cementos y sobre su desarrollo futuro.

En primer término está el importante asunto de decidir si es mejor emitir pliegos de condiciones que puedan aplicarse en forma general a un grupo de distintos materiales de construcción, como ha hecho Italia, o si se servirían mejor las necesidades de la industria con una especialización bien delimitada, como hacemos en Alemania. En mi opinión, las normas deben adaptarse estrictamente al carácter del material que se ensaya, y considero indispensable un alto grado de especialización. En un artículo, leído recientemente en Dresde ante la Asociación de Fabricantes Alemanes de Cemento Portland, puse de manifiesto que aún entre dos cementos Portland conceptuados iguales según las Normas Alemanas, que tan estrictas son, al ser usados en la práctica se notan grandes diferencias, aun cuando previamente hayan acusado la misma resistencia normal. Pude probar que, aún con los limitados medios de ensayo de laboratorio, dos cementos Portland, de igual valor según los ensayos normales, pueden dar diferencias de resistencia hasta del 50%, cuando se los usa en forma de morteros plásticos. Guttmann, al hacer probetas de ensayo de dos cementos Portland de igual resistencia según las normas, tropezó con diferencias más sorprendentes todavía, incluso del 100%. Si, por lo tanto, es posible que tales diferencias se presenten en cementos del mismo carácter y de la misma resistencia normal, es fácil imaginar cuán diferentes serán las propiedades de los morteros de carácter variable, cuando se los ensaye según tales normas. No es difícil, por

ejemplo, hacer mezclas de cal y materias de composición similar al cemento, que, al ser ensayadas según las normas del cemento Portland, den resultados excelentes. No obstante, al ensayar tales morteros en forma diferente, como por ejemplo, agregando mucha arena o usando un mortero plástico, casi siempre dan resultados de valores menos satisfactorios que los que da sin dificultad un cemento Portland que tenga igual resistencia al ser ensayado con arreglo a las normas. Para juzgar del valor de los aglomerantes hidráulicos, prefiero establecer la regla siguiente: "Pliegos de condiciones separados para cada material de construcción."

Las prescripciones de peso específico y de peso por litro, que todavía se estipulan en varios países, me parecen ya anticuadas. Los cementos Portland que caen dentro de una definición rigurosa y de prescripciones técnicas adecuadas, poseen necesariamente un elevado peso específico. En lugar de la prescripción del peso por litro, basada sobre la opinión de que en la práctica, el cemento y los agregados deben mezclarse por medidas volumétricas, sería mejor establecer la dosificación por peso. Esto no excluye, desde luego, la dosificación de los materiales por volumen, siempre que se determine previamente el peso volumétrico del cemento y de los agregados inertes.

Las normas de finura se han limitado hasta ahora a los máximos valores de residuo sobre los tamices. A nadie se le había ocurrido fijar igualmente los valores mínimos, estableciendo de este modo que los cementos no deben molerse hasta un grado excesivo de finura. Por mi parte soy de opinión que se aproxima el tiempo en que las normas que fijen el tamaño mínimo de las partículas de cemento, revestirán mayor importancia que las actuales normas que limitan el residuo máximo. Las prescripciones que regulan el endurecimiento del cemento son ya garantía suficiente contra una molturación demasiado gruesa del mismo. Todo fabricante que quiera cumplir las actuales normas de resistencia se ve obligado a moler con finura suficiente. Durante mucho tiempo se ha creído que no había límite para la finura de molturación del cemento, pero cada día va en aumento el número de los que son partidarios de un grado de molturación menos fino. En muchos casos basan su opinión sobre el hecho de que la densidad aparente disminuye cuando se muele el cemento con demasiada finura, ocasionando así dificultades en la obra, en los casos en que el cemento y los agregados se dosifiquen conforme a su volumen. Por otra parte, puede ser que los cementos demasiado finamente molidos presenten resistencias decrecientes cuando se conservan almacenados. Yo creo que el peligro existente en los cementos molidos hasta una finura excesiva estriba en el hecho (que ya señalé en la reciente reunión de la Asociación de Fabricantes Alemanes de Cemento Portland) de que tales cementos son mucho más sensibles a las dosis fuertes de agua que los cementos molidos a menor finura. En mi opinión, el tamaño de las partículas de cemento es la verdadera clave del extraño hecho de que los cementos portland de la misma resistencia tipo, al usarse para la producción del hormigón plástico, den resultados de resistencias divergentes hasta en un 100%, comparados unos con otros. Por lo tanto, creo que las normas para el cemento en el porvenir por lo que se refiere a la composición del tamaño de las partículas, se apoyarán menos sobre el máximo residuo sobre tamices relativamente claros, que sobre la proporción de las partículas más finamente molidas. Esto es posible, ya que disponemos de aparatos de precisión para determinar la finura del cemento por separación de aire o por levigación.

Hoy día se acostumbra determinar el tiempo de fraguado del cemento

mediante la aguja, usando morteros plásticos de pasta pura, pero no debe echarse en olvido que el cemento se usa en la práctica en condiciones completamente diferentes. La adición de un exceso de agua a los morteros u hormigones, da por resultado un plazo de fraguado mucho mayor del que daría el ensayo en el laboratorio. Por lo tanto, es de desear el establecimiento de un nuevo método para definir el tiempo de fraguado, que se adapte mejor a la práctica. La solución de este problema será difícil. La introducción de procedimientos térmicos y eléctricos no será recomendable, pues están sujetos en mucho mayor grado a variaciones que el actual método mecánico que emplea el aparato de aguja.

Las prescripciones relativas a la inalterabilidad de volumen de los cementos han sido por largo tiempo objeto de discusión. Actualmente se ha decidido en forma definitiva que el cemento endurecido consiste en un " gel " cuya dosis de agua depende de la temperatura y humedad del aire ambiente, y se ha comprendido que no existe, ni puede existir, un mortero de cemento de volumen absolutamente inalterable. A pesar de este hecho, es evidentemente necesario especificar una inalterabilidad mínima de volumen para cada cemento. Pero, cuáles serán estas especificaciones? Hoy día se comprende que el ensayo al agua fría a los 28 días no es suficiente, pero también se admite que los ensayos acelerados no guardan relación con lo que ocurre en la práctica, y que, por lo tanto, son de un valor dudoso. Yo creo que esta cuestión podría resolverse rodeándola, usando las normas de resistencia.

Esto nos lleva al estudio de la cuestión de los ensayos de resistencia. Antes de referirnos a las relaciones entre la inalterabilidad de volumen y la resistencia, no estarán fuera de lugar algunas observaciones generales sobre el ensayo de resistencia. Habiendo reconocido que un cemento puede conducirse en la práctica de forma completamente distinta de lo que pudiera esperarse de los resultados de los ensayos en laboratorio, parece necesario adaptar hasta el límite de lo posible el método de ensayo de resistencia a las condiciónes de la obra. Mientras predominó el hormigón apisonado, el ensayo de morteros de consistencia de tierra húmeda estuvo muy apropiado. En cambio, hoy día se usa más generalmente el hormigón plástico y flúido en los modernos trabajos de construcción. En mi opinión, ésto es lo que induce a creer que en el porvenir el ensayo de los morteros plásticos aumentará en importancia. Es interesante advertir que, especialmente en Alemania, donde hasta ahora se había insistido tenazmente en los ensayos de morteros de consistencia de tierra húmeda, se tiene en perspectiva una revolución en este sentido, como resultado de las nuevas investigaciones sobre morteros plásticos realizadas por el Laboratorio de la Asociación de Fabricantes Alemanes de Cemento Portland.

Creo que al ensayar morteros plásticos en Alemania, debiera seguirse en todo lo posible el principio de preparar mecánicamente las probetas. La experiencia ha demostrado que la precisión de los ensayos, de resistencia ha aumentado en la misma proporción en que ha ido mecanizándose el método de ensayo. Los que están familiarizados con el método preciso especificado por las Normas Alemanas y similares se asombrarán al saber que las probetas de ensayo de los Estados Unidos son moldeadas con los dedos. Debe reconocerse, no obstante, que este método de confección de las probetas ha alcanzado un alto grado de precisión y uniformidad.

Hasta hace pocos años, el ensayo de resistencia con probetas de pasta pura era considerado en Alemania

como anticuado. Según los estudios de Curt Prüssing, es posible deducir conclusiones muy útiles de las probetas de pasta pura, de forma que probablemente revivirá el interés en esta clase de ensayos de resistencia. Prüssing encontró que las resistencias a la tracción de las probetas de más de diez años de edad, curadas al agua, daban una resistencia de aproximadamente 70 kgs. por cm^2 al ser ensayadas cuando todavía estaban húmedas, mientras que la resistencia a la tracción quedaba reducida a 25 kgs. por cm^2 cuando se permitía que las probetas se secasen previamente. Esta experiencia es completamente contraria a la que se obtiene con los morteros de arena y cemento, porque estos ensayos acostumbran mostrar un aumento en la resistencia al ser conservadas al aire después de una previa conservación en agua. Es evidente que de estos ensayos se obtendrán datos muy útiles para los que estudian el endurecimiento del cemento.

Sobre la cuestión de si la resistencia del cemento debe ensayarse a la tracción, compresión o flexión, personalmente durante algunos años he abogado por el ensayo a la tracción, y siempre me he opuesto al predominio, creciente del ensayo de compresión, tal como se acostumbra en muchos países europeos. Es cierto que el ensayo a la compresión es de suma importancia en la práctica, pero la resistencia a la compresión no tiene valor alguno si un edificio se agrieta en el punto donde es precisa una alta resistencia a la tracción. La armadura de hierro del hormigón armado, por muy bien calculada que esté, no impide cierto alargamiento en los puntos en que se efectúa un elevado esfuerzo a la tracción, alargamiento que corresponde a la elasticidad de la armadura. El hormigón que rodea el acero, entonces, tiene que amoldarse al alargamiento en cuestión sin agrietarse, y esta es la verdadera razón por la cual el hormigón debe poseer alta resistencia a la tracción y elevada elasticidad.

Queda todavía, sin embargo, otra cuestión por resolver, relativa a la resistencia a la tracción. El aumento de la dosis de cal de la mezcla cruda produce el aumento de la resistencia a la tracción y a la compresión, pero tan pronto como esta dosis de cal llega a cierto límite, la resistencia a la compresión sigue aumentando mientras que decrece la resistencia a la tracción. Esto resulta, sobre todo, evidente, cuando las muestras han sido curadas por largo tiempo en el agua. Un mayor aumento de la dosis de cal produciría ya una disminución en la resistencia a la compresión, y una evidente tendencia a la expansión. A mi modo de ver, es positivo que existen ciertas relaciones entre las resistencias a la compresión y a la tracción y la inalterabilidad de volumen, y yo deseaba señalar este hecho antes de explicar que, con respecto a la inexpansividad del cemento, deben tenerse presentes nuevos puntos de vista, y que estos puntos de vista solamente son alcanzables por el camino indirecto del ensayo de resistencia.

Parece, sin embargo, que la relación entre la inexpansividad y la resistencia es más variable aún de lo que se desprende de la relación de la resistencia a la compresión con respecto a la de la tracción. El notable fenómeno, revelado especialmente por Genshaur, con respecto a los morteros de arena y cemento, mediante la conservación alternada en agua y al aire, y al que ha hecho alusión Prüssing en sus ensayos de pasta pura de cemento, parece aumentar nuestro conocimiento de las relaciones mutuas entre la resistencia y la inalterabilidad de volumen. Éste es un campo de investigación no cultivado todavía suficientemente, y la importancia de estas relaciones no debiera descuidarse. Un examen sistemático de los resultados

de ensayos a disposición de los institutos oficiales para ensayo de materiales debiera dar como resultado un esclarecimiento de las relaciones entre la resistencia y la inalterabilidad de volumen de los cementos. Cuando estas relaciones hayan sido reconocidas y confirmadas por la investigación cientifica, de ellas podremos tal vez deducir nuevas normas para las resistencias y para la inalterabilidad de volumen de los cementos.

Fábrica moderna de cemento Portland en el Japón.

El hallazgo de grandes cantidades de caliza margosa y greda en la Bahía de Nanao, en la costa occidental del Japón, a unos 300 kms. de Tokío, indujo a la instalación en dicho punto de una nueva fábrica de cemento en los años 1927/1929, con una producción anual de 150,000 toneladas de cemento.

La instalación fué efectuada por la casa G. Polysius Aktiengesellschaft, de Dessau, siendo moderna en todos sentidos, con una línea ferroviaria lateral que se extiende cosa de medio kilómetro a lo largo de la Bahía de Nanao. A causa de la índole de las primeras materias y de las condiciones de producción, se decidió emplear el proceso de pasta espesa; y la Nanao Cement Co. ha sido, así, la primera Compañía japonesa que ha montado una fábrica que, desde su principio, haya empleado la vía húmeda.

La mayor parte de las primeras materias (margas de calidad excelente) se extraen cerca de la fábrica, y son transportadas a ella en vagonetas. Un transportador de artesa las introduce en las machacadoras, que las subdividen, allí las recoge un transportador de cinta de acero y elevadores que las llevan a los silos, situados sobre los molinos de crudo.

La arcilla se extrae de la costa opuesta de la Bahía de Nanao, en barcazas arrastradas por un remolcador de vapor, que se vacían por medio de una grúa. El material se deposita luego, por medio de otra grúa giratoria, con cuchara, en una tolva que lo conduce a dos molinos desleidores. La pasta resultante de la adición de agua sale de los desleidores por un conducto a un doble compresor, que lo impele por medio de aire comprimido, a depósitos situados sobre los molinos de crudo.

La caliza empleada para corregir la mezcla se transporta a la fábrica desde una cantera situada a unos 10 kms., por medio de un cable aéreo; se reduce por medio de una machacadora especial, y luego se lleva por elevadores a los silos situados sobre los molinos de crudo.

La pasta formada con la mezcla de marga, caliza y arcilla, se introduce en los molinos " Solo " de tres cámaras, de un diámetro aproximado de 2.20 m., y de unos 13 m. de largo; se agrega agua en la proporción deseada, y todo el conjunto se reduce a una pasta fina, o papilla. Entonces este material se impele por medio de dos compresores dobles hasta ocho depósitos de acero, en los que se mezcla por un aparato mezclador de pasta automático neumático, cuyo paso de aire va regulado por una válvula " Regulex." La pasta acabada.

impulsada por dos compresores dobles, pasa a los silos, y desde éstos a los hornos.

Se han instalado dos hornos " Solo " de unos 70 m. de largo, y en ellos la pasta se seca, calcina, clinkeriza y enfría de un modo continuo. A diferencia de los hornos que llevan debajo enfriadores aparte, el horno " Solo " está construído a nivel del pavimento, de modo que no hay escalones ni plataformas que entorpezcan la inspección de la cocción.

El accionamiento elástico " Pol " y el aparato de lubricación de alimentación automática, enfriado por agua, aseguran un funcionamiento regular y satisfactorio de los rodillos. La zona de refrigeración va equipada de enfriadores, que sirven a un mismo tiempo para enfriar el clinker y calentar el aire comburente, sin constituir ningún obstáculo para la observación del proceso de cocción. La entrada del aire comburente se regula por rejillas circulares de aire, impidiéndose la excesiva infiltración de aire entre la cámara de humo y el horno, por medio de anillos de cierre.

El carbón necesario para la combustión en el horno se seca en dós tambores adecuados, moliéndose luego por medio de dos molinos " Solo " de tres cámaras. Se impulsa por la acción del aire comprimido hasta los silos de los hornos, y desde allí pasa a los tubos de los mecheros por medio de un mecanismo extractor de doble tornillo, siendo inyectado en los hornos por ventiladores de alta presión. A causa de la gran dosis de materias volátiles contenidas en el carbón, los tubos del mechero han tenido que ser de un modelo especial.

El clinker pasa por transportadores de sacudidas y elevadores hasta el almacén de clinker, pudiéndose extraer desde distintos puntos por dos transportadores de cinta de acero que pasan por debajo del almacén. Los elevadores transportan el clinker a las máquinas pesadoras automáticas, y desde allí a los silos situados sobre los molinos de cemento. La corriente de clinker y piedra de yeso que entra en los molinos es regulada por alimentadores de mesa giratoria. Los dos molinos son del tipo " Solo " de tres cámaras, y del mismo tamaño que el molino del crudo, aproximadamente de 2.20 m. de diámetro por 13 m. de largo, y muelen el clinker y la piedra de yeso, convirtiéndolos en cemento de calidad excelente y gran finura. El material acabado se impele por la acción de bombas neumáticas hasta los depósitos de cemento que son seis silos cilíndricos de un diámetro aproximado de 10 m., y 20 m.

El envasado y despacho del cemento se realiza por medio de máquinas ensacadoras y envasadoras para barriles, automáticas, y un adecuado aparato de carga. Una instalación colectora de polvo hace que la sección de molinos funcione casi sin producir polvo, de este modo se evitan las pérdidas de material y el entorpecimiento a que da lugar la presencia del polvo. Para poder controlar constantemente el proceso de la fabricación, se dispone de un laboratorio muy bien equipado, con hornos rotatorios experimentales. Completan la fábrica un taller de reparaciones, una fábrica de barriles, las instalaciones de compresores y transformadores y las oficinas. Al construir la fábrica, se tuvo presente la posibilidad de ulteriores ampliaciones, habiendo sido proyectados los edificios de manera que pueda realizarse en ellos la instalación de otro molino de crudo o de cemento sin tener que construir ningún otro local.

La idea predominante al proyectar la maquinaria fué la de unir distintas etapas del trabajo en una sola máquina grande, para convertir el conjunto del proceso de fabricación en una operación casi automática, por el uso de una instalación transportadora mecánica o neumática. Esto explica por qué solamente hayan de emplearse 25 hombras en cada turno para el servicio de la maquinaria.

Fig. 1 (véase pág. 36), Bendición de los hornos giratorios al principio del montaje; Fig. 2 (véase pág. 37), Vista general de la fábrica, del lado del mar; Fig. 3 (véase pág. 38), Motores para el accionamiento de los molinos del crudo y del cemento; Fig. 4 (véase pág. 38), Compresores para el transporte neumático de la pasta; Fig. 5 (véase pág. 39), Aparatos " Regulex " de distribución para el mezclado automático por aire comprimido; Fig. 6 (véase pág. 39), Hornos " Solo " con mecheros de carbón pulverizado; Fig. 7 (véase pág. 40), Molinos " Solo " para cemento, patentados en Alemania y otros países; Fig. 8 (véase pág. 40), Filtros colectores para la captación del polvo en los molinos de cemento.

El Horno Rotatorio en la fabricación del Cemento.—I.

por W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

En esta serie de artículos nos proponemos tratar el horno rotatorio principalmente desde el punto de vista de su producción y economía de combustible; procurando poner de manifiesto las leyes que rigen la velocidad de la transmisión del calor desde los gases calientes al crudo que se halla en el horno, y desde el clinker caliente al aire que pasa por el enfriador.

Para obtener la máxima producción con el consumo mínimo de combustible, debe prestarse cuidadosa atención a una serie de detalles, que enumeraremos y discutiremos en cuanto sea posible. A este fin, y para que nos sirva de base, consideraremos un horno rotatorio de vía húmeda de 60 m. de largo, tamaño muy usado durante los últimos años, aun cuando, como es bien sabido, se empleen actualmente hornos considerablemente más largos.

La fig. 1 (véase pág. 41) reproduce en alzado un horno típico. Las características principales figuran en la tabla de referencia. En la descripción que sigue se citan varias cifras, que pueden considerarse como correspondientes a una buena práctica normal.

Generalmente, el horno tiene un diámetro de 2.60 m. de plancha a plancha, teniendo la zona de clinkerización 3 m. de diámetro y 12 m. de largo. El enfriador tiene una longitud de 20 m. y un diámetro de 1.85 m. El horno lleva una inclinación de 1 : 24, tiene cuatro apoyos, y gira aproximadamente a 0.85 r.p.m.

En un horno de vía húmeda, las primeras materias, en forma de pasta, entran por el tubo J y van descendiendo lentamente por el horno, necesitando aproxi-

madamente $2\frac{1}{2}$ horas para recorrerlo de un extremo a otro. La humedad se evapora, el CO_2 se desprende, y el material restante se clinkeriza, siendo la temperatura máxima alcanzada en la zona de clinkerización de unos 1375° C.

En el horno, el material viene a ocupar un $7\frac{1}{2}$ de la capacidad calculada entre superficies interiores del revestimiento. Al salir del horno a una temperatura de 1200° C., el material atraviesa el enfriador y se descarga sobre un transportado de bandejas K a una temperatura de 95° C. o menos. El enfriador gira a 5 r.p.m.

En el horno se quema carbón graso pulverizado, que entra por el extremo inferior por el mechero E. El aire necesario para quemar el carbón no suele ser más de 5 a 10% en exceso sobre la cantidad necesaria, que para la combustión completa resulta del análisis del carbón.

De la cantidad total de aire suministrada, un 20% se emplea en inyectar el carbón en el horno; el resto entra por el enfriador, donde enfría el clinker y se calienta a su vez, entrando, de esta forma, en el horno a una temperatura aproximada de 425° C.

Para estudiar con más detalle las cifras de suministro de aire y carbón, supondremos que el horno, con zona ensanchada de clinkerización, da una producción de 8 toneladas por hora. Usando carbón seco de una potencia calorífica de 7000 calorías, el consumo de combustible será de un 27% del clinker producido. Por lo tanto:

$$\text{Carbón por hora en toneladas} = \frac{27 \times 8}{100} = 2.16.$$

y

$$\text{Carbón por minuto en kgs.} = \frac{2.16 \times 1000}{60} = 36 \text{ kgs.}$$

El aire necesario para la combustión, (incluyendo un exceso de un 10%) es (muy aproximadamente) de 10 kgs. por kg. de carbón. De ahí que:

Aire por minuto = 365 kgs.

Como ya se ha mencionado previamente, esta cantidad se subdivide como sigue:

Para inyectar el carbón pulverizado (aproximadamente un 20%)	75 kgs.
A través del enfriador	290 kgs.
Total por minuto	365 kgs.

En un horno provisto de una cantidad moderada de elevadores de pasta, la temperatura de los gases de salida será de unos 400° C. Hasta hace relativamente poco tiempo, no se solía admitir que la temperatura de los gases de salida de un horno de vía húmeda llegase a ser tan elevada como la mencionada. La atención prestada a esta cuestión ha llevado a realizar esfuerzos por reducir dicha cifra, y más adelante describiremos los resultados obtenidos.

Balance térmico típico.

La forma en que se utiliza, o pierde, el calor del carbón, puede verse por el siguiente balance térmico, que damos en forma resumida:

	% del clinker.
1. Calor requerido para evaporar la humedad de la pasta (40%) a 100° C.	8.86
2. Calor requerido para descomponer el $CaCO_3$ a 900° C.	7.10
3. Pérdida por radiación del horno y del enfriador	3.76
4. Perdido por el clinker caliente a la descarga del enfriador	0.24
5. Calor perdido con los gases de salida (a 400° C.) que contienen los productos de la combustión, el vapor de agua de la pasta y el CO_2 de las primeras materias	8.00
Total	27.96
A deducir por reacciones exotérmicas durante la clinkerización ...	1.50
Consumo normal de carbón del horno, en %	26.46

En un próximo artículo se examinarán en detalle las distintas partidas que integran el balance térmico.

Con la denominación de carbón normal se quiere significar carbón seco de 7000 calorías por kg.; las cantidades de calor, a los efectos de los ensayos en el horno rotatorio, están expresadas en cantidades equivalentes de carbón normal, traducidas luego en tantos por ciento del clinker producido. Así, en la partida 5 del balance térmico, la pérdida con los gases de salida equivale a 8 toneladas de carbón normal por 100 toneladas de clinker producido. Si el horno produce 8 toneladas de clinker por hora, la pérdida real es de:

$$8 \times 1000 \times \frac{8}{100} \times 7000 = 4{,}480{,}000 \text{ calorías por hora.}$$

La pérdida con los gases de salida y otras similares están calculadas a base del exceso de temperatura por encima de 15.5° C., y para la potencia calorifica del carbón se parte del mismo dato. El consumo normal de carbón de un horno cualquiera se obtiene haciendo en la cifra del consumo de carbón medido las debidas correcciones por razón de la humedad y de la potencia calorífica del carbón efectivamente empleado.

Las cifras mencionadas pueden considerarse como típicas del funcionamiento de un horno rotatorio de 60 m. de longitud, en buen orden de marcha, y dotado de unos 43 metros cuadrados de elevadores de pasta. El autor ha obtenido estas cifras mediante ensayos cuidadosamente realizados durante un período de varias semanas.

Detalles del Horno.

A continuación se examinarán algunos de los detalles más importantes que influyen en el buen funcionamiento del horno.

Alimentador de pasta.

Es muy conveniente disponer de un aparato muy preciso para la regulación de la entrada de pasta en el horno, que debe hacerse con gran uniformidad. Cuando el horno está en plena producción, no siempre puede clinkerizarse satisfactoriamente el exceso de pasta que afluya a la zona de clinkerización, a causa de una alimentación irregular. En tales condiciones es muy posible que haya que parar el horno y que se desperdicie mucho carbón.

A continuación describimos dos tipos muy conocidos de alimentadores de pasta:

1. **Orificio regulable con carga constante.** La fig. 2 (véase pág. 44), reproduce un diagrama de este aparato. Las letras de referencia y la leyenda correspondiente permitirán comprender con toda claridad la disposición general.

La carga de pasta se mantiene a unos 76 cms. La alimentación se regula mediante la palanca de mando G, que recorre un cuadrante graduado y descubre, más o menos, un orificio alargado abierto en una placa corredera de latón.

En su camino hacia el horno, la pasta pasa por el recipiente medidor H; ordinariamente el tapón cónico de madera está destapado, pero cuando conviene hacer una medición de la alimentación de pasta, se coloca rápidamente el tapón en su sitio y se mide con un reloj cuenta segundos el tiempo que necesita la pasta para llegar al nivel del rebosadero. Para completar el cálculo, debe conocerse la capacidad de pasta del recipiente medidor, en función del clinker equivalente. Para servir de comprobación de la producción del horno esta medición resulta solamente aproximada.

Tal tipo de aparato ha sido ensayado frecuentemente por el autor, quien generalmente ha visto que el régimen de alimentación, para una abertura determinada del orificio, aunque a menudo era uniforme, podría variar de 5 a 8% en un término de 24 horas. A veces se registraron variaciones mucho mayores, pero para obtener una explicación adecuada de este resultado sería preciso extender los experimentos a un plazo considerablemente mayor.

Ya que la falta de uniformidad de la alimentación de la pasta reduce el rendimiento del horno, la dirección de cada fábrica podría llevar a cabo una buena labor de investigación en todos aquellos puntos donde quiera que se hallase instalado un aparato de esta índole. Para graduar el régimen de alimentación, el calcinador tiene que trasladarse desde la plataforma de cocción al depósito de alimentación de la pasta, pero ésto no representa un inconveniente, ya que estas operaciones no tienen que hacerse con frecuencia, ni es tampoco conveniente tener que realizarlas muchas veces. Si el horno tiene que pararse temporalmente por alguna razón, el vertedor G de la fig. 2, puede ser desviado por medio de un cable de alambre accionado desde la plataforma del calcinador, volviendo entonces la pasta de alimentación, por la tubería del rebosadero, a los mezcladores.

Las ventajas de este tipo de alimentación de pasta son: a), que resulta relativamente económico; y b), que no requiere gasto de energía para su funcionamiento.

2. **Alimentador rotatorio de pasta.** El alimentador reproducido en la fig. 3, (véase pág. 46), mide un volumen determinado de pasta a cada revolución, de modo que su precisión no debería quedar afectada esencialmente por ninguna variación moderada de la fluidez de la pasta. Las letras de referencia y la leyenda de la figura explican bien claramente la disposición general. La pasta se introduce mediante una bombo en un compartimiento del depósito de alimentación A, en exceso sobre la cantidad requerida por el horno; el sobrante escapa por una abertura C situada a un extremo. El nivel de la pasta dentro del depósito es poco más o menos el de la base G de la abertura C. Cada cuchara

vierte un volumen determinado de pasta a un compartimiento del tambor central E, desde uno de cuyos extremos pasa a un segundo compartimiento del depósito, y desde éste por la tubería de descarga I, al horno. La rueda de cucharas va ordinariamente accionada por un motor con reductor de engranaje, a una velocidad de unas 15 r.p.m.

La regulación de la velocidad (y en consecuencia el régimen de alimentación de pasta), por medio de un mando de velocidad variable situado en la plataforma del calcinador, no resulta completamente satisfactoria, y si se utiliza la corriente alterna hay alguna dificultad en obtener una escala suficientemente gradual de variaciones de velocidad; sin embargo, la alimentación reducida no es necesaria sino cuando se pone en marcha el horno después de un paro algo prolongado.

Como alternativa puede ofrecerse otro método, que consiste en hacer que la arista inferior (G) de la abertura del rebosadero sea graduable verticalmente, mediante una placa corredera movida por un tornillo. Haciendo bajar el nivel de pasta en el depósito de alimentación, puede obtenerse un régimen reducido de alimentación para la puesta en marcha del horno a la velocidad normal del motor de accionamiento. Lo único que hace falta es un interruptor en la plataforma del calcinador, para poner en marcha el motor y para pararlo.

No se acostumbra en la práctica a disponer de un método para obtener rapidamente, en cualquier momento, el volumen de pasta vertido por cada revolución del alimentador rotatorio, de modo que corrientemente, y tal vez con acierto, se ha admitido como efectiva su uniformidad bajo las condiciones variables de humedad y fluidez de la pasta.

Alimentación de carbón.

Supondremos que se deseque el carbón hasta llegar al 1% de humedad; moliéndolo luego de forma que deje un residuo del 10% al tamiz de 4900 mallas por cm^2, y almacenándolo en una tolva suspendida sobre la plataforma del calcinador. La fig. 4 (véase pág. 47), reproduce una disposición conveniente para el alimentador de carbón. La abertura del fondo de la tolva no debiera ser de menos de 61 cms. × 45 cms. Se usan dos tornillos, que pueden llegar a extraer hasta 70% del volumen teórico que resulta de su diámetro y su paso. El paso es mayor una vez el tornillo fuera de la tolva. Los tornillos suelen ser accionados por un mecanismo de velocidad variable, que permitirá que las revoluciones por minuto sean exactamente las debidas dentro de un margen de 2 a 1, o similar. A menudo se usa un cambio de velocidades Rees, o un disco de fricción. Los tornillos vierten el carbón a una pieza de fundición de forma de doble embudo E, situada en la tubería del mechero de carbón. La parte por donde entra el carbón es una zona en que el aire lleva gran velocidad, y por consiguiente tiene baja presión; de ahí que pueda disponerse convenientemente para que haya algo de aspiración sobre los tornillos de alimentación de carbón.

La experiencia demuestra que el carbón tiene una cierta tendencia a aglomerarse en la base de la tolva A y a quedar retenido en parte, de modo que en ciertas ocasiones los tornillos de alimentación no verterán el volumen de carbón que debiera esperarse normalmente de su diámetro y paso. El déficit se aumenta si el carbón no está suficientemente seco. Esta circunstancia se traduce en un

descenso de la temperatura en la zona de clinkerización sin causa aparente que lo justifique. Igualmente, si se deja vaciar demasiado la tolva, en el centro puede formarse un espacio hueco, y al cabo de algun tiempo el material situado en los bordes cae; el carbón finamente molino tiene tendencia entonces a correr como agua por los tornillos de alimentación, y desde ellos a la tubería de ignición del carbón. El exceso de alimentación de la carbón se advierte por la presencia de humo negro en la parte superior de la chimenea.

En el esquema indicado en la fig. 4 (véase pág. 47), el uso de dos tornillos de alimentación colocados todo lo más contiguos posible a la base de una abertura relativamente grande, reduce al mínimo la tendencia del carbón a adherirse a las paredes; además, se han dispuesto agujeros para poder introducir atizadores. La afluencia en exceso se evita parcialmente reduciendo al mínimo el huelgo entre la hélice y su caja, (D); esta última debiera ir perforada. Aun así, no siempre se impide la afluencia en exceso, por lo que resulta recomendable, y en general eficaz, mantener la tolva llena del todo, o casi del todo.

Para impedir esta afluencia excesiva se han utilizado varios otros dispositivos, pero el autor ha comprobado que la disposición relativamente sencilla que reproduce la fig. 4 (véase pág. 47), resulta completamente satisfactoria si se presta atención a los extremos previamente indicados.

Boquilla del mechero de carbón. El carbón puede entrar en el horno por una boquilla de un diámetro de 18 cms., sindo la velocidad del aire unos 45 m. por segundo, y la temperatura de unos 65° C. No hace falta más que una sencilla boquilla circular, aunque se han ensayado varias otras formas. En las condiciones arriba mencionadas, la zona de clinkerización queda formada en el sitio conveniente del horno. Si el carbón está seco y finamente molido, y para inyectarlo se emplea aire caliente, la ignición puede llegar a tener lugar incluso demasiado rápidamente. Entonces, la situación de la zona de clinkerización no queda bastante separada del extremo de descarga del horno para permitir que el mechero tenga tiempo de trabajar sobre clinker relativamente poco cocido.

Regulación de la operación de cocción.

Situado al extremo inferior del horno, el calcinador vigila la operación de la clinkerización por una mirilla que hay en la caperuza del horno, usando una placa de vidrio de color para proteger la vista. Su principal obligación es ver si el material que hay en la zona donde suele tener lugar la clinkerización (a unos 6 m. del extremo del horno), ha alcanzado la debida temperatura. Esto se aprecia por el color. El calcinador puede ver el material hasta unos 5 ó 6 m. más allá de la zona de clinkerización, y en toda esta longitud el color cambia perceptiblemente, llegando a un rojo blanco cuando la clinkerización es completa.

Con una alimentación uniforme de pasta, arreglada a una velocidad adecuada del horno, puede esperarse que el número de r.p.m. de los tornillos de alimentación de carbón permanezca sensiblemente uniforme. En la vía húmeda, tal uniformidad puede a veces persistir durante dos o tres horas y hasta más. El equilibrio se trastorna a veces por el carbón pulverizado que se detiene algo en la tolva de alimentación, o por romperse un pequeño anillo de clinker, haciendo así que descienda por el horno una cantidad excesiva de material. Cuando se ve que el material que se aproxima a la zona de clinkerización tiene una tem-

peratura demasiado baja, el calcinador acostumbra a aumentar la alimentación de carbón, y al mismo tiempo reduce la velocidad del horno. La velocidad de llegada del material a la zona de clinkerización (ordinariamente unos 40 cms. por minuto en un horno de 60 m.), se reduce momentáneamente, y se aumenta algo la temperatura en la zona de clinkerización; al cabo de pocos minutos las condiciones acostumbran a normalizarse nuevamente, sin que haya salido del horno ninguna cantidad de material mal cocido.

Con un horno que trabaje a plena capacidad, sin embargo, no resulta fácil comunicar mucho calor adicional al material que está en la zona de clinkerización o próximo a él, debido a la falta de tiempo y superficie. La mayor parte del calor, debido a la cantidad suplementaria de carbón quemado, se transmite al material más lejos dentro del horno. Si el aumento en la alimentación de carbón excede del 10% de lo normal, tal vez no haya aire suficiente para quemarlo, y entonces aparece el humo negro en el extremo superior da la chimenea.

Tratándose de las pérdidas ordinarias de temperatura en la zona de clinkerización, no es necesario reducir la alimentación de pasta, puesto que el material necesita unas dos horas y media para recorrer todo el horno. De ahí que cualquier reducción temporal de la alimentación de pasta no afectaría la situación en la zona de clinkerización sino mucho después que el horno hubiese recobrado su temperatura normal. El que suscribe, sin embargo, ha visto dar lugar en tal forma a pérdidas en la producción de clinker.

Inclinación y velocidad del horno, y volumen de carga.

Las cifras usuales en un horno de vía húmeda de 60 m. de largo, tal como el que venimos considerando hasta ahora, serían una inclinación del horno de 1 : 24, y una velocidad de rotación de 0.85 r.p.m.

La práctica demuestra que la carga del horno después de seca, tomará aproximadamente la posición que muestra la fig. 5 (véase pág. 49), donde A C B está inclinado según el talud natural del material, y el volumen de carga, representado en sección transversal por el área A C B D, será de un $7\frac{1}{2}\%$ del volumen del horno considerado dentro del forro. Esta cifra corresponde a una zona de clinkerización de dimensiones normales. Debido a la rotación del horno, el material de la carga circula según indican las flechas.

Suponiendo, en el primer caso, que todo el material que está en el horno está seco, y no experimenta ningún cambio químico, es evidente que

$$\frac{\text{Carga total en toneladas}}{\text{Alimentación por hora en toneladas}} = \text{tiempo que el material permanece en el horno, en horas.}$$

Volviendo a un horno de vía húmeda, el cálculo tiene que hacerse separadamente para cada zona, en la forma siguiente: a), evaporación; b), elevación de temperatura; c) descomposición del $CaCO_3$; y d), elevación de temperatura. Para un horno de 60 m. de largo con un volumen de carga del $7\frac{1}{2}\%$, el tiempo requerido resulta de dos horas y media.

Ya que la producción de un horno rotatorio, dentro de un amplio margen de tamaños, ha demostrado experimentalmente ser aproximadamente proporcional a su volumen (calculado interior al revestimiento), si suponemos que la relación

de carga sea la misma en todos los casos ($7\frac{1}{2}\%$, por ejemplo), resultará que el material pasará por todos los hornos, cortos o largos, en el mismo período de tiempo, o sean $2\frac{1}{2}$ horas. Es nuestro objeto examinar este asunto experimentalmente y volver sobre él en un artículo posterior.

Un ligero aumento de velocidad reducirá el tiempo empleado por el material en atravesar el horno, y por consiguiente, reducirá el volumen de carga. De la misma manera, una ligera reducción de la pendiente aumentaría el tiempo empleado por el material en recorrer el horno y aumentaría el volumen de carga. De ello resulta evidentemente que existirán una serie de valores para la inclinación y velocidad, respectivamente, que permitirán que el volumen de la carga retenida sea del $7\frac{1}{2}\%$.

Muchos de los antiguos hornos de 45 a 60 m. de largo han sido accionados por embarrados o contramarchas, usándose dos juegos de polea fija y móvil, para dar una marcha larga de 1 r.p.m. y una marcha corta de $\frac{1}{2}$ r.p.m. Recientemente, la mayoría de los hornos han sido accionados por correa y un motor de pequeña velocidad, que tiene una variación de velocidad de 2 : 1, o cosa parecida.

Método de transmisión de calor.

La superficie A C B de la carga recibe el calor directamente de los gases calientes por convección; también recibe calor por la radiación de la porción A E B de la circunferencia del horno. La superficie A D B de la carga recibe calor por convección, por radiación y por conducción. Es nuestro objeto tratar en un próximo artículo del régimen de intercambio de calor que tiene lugar en cada caso.

Enlace del horno con el enfriador.

Durante el proceso de desarrollo del horno rotatorio, el dispositivo mediante el cual el clinker al rojo (o al rojo blanco) es transportado del horno al enfriador, probablemente ha dado que hacer más que ninguna otra parte del aparato. La fig. 6 (véase pág. 50), muestra uno de los proyectos más antiguos, que en otro tiempo estuvo muy en boga. En la misma figura, la leyenda da la debida explicación mediante las letras de referencia. El vertedor de clinker (D) tenía la doble misión de transportar el clinker caliente del horno al enfriador, y de conducir el aire previamente calentado desde el enfriador al horno.

Las leyes aerodinámicas que siguen las corrientes de aire no eran todavía conocidas del todo en aquel tiempo. El tiro provocado en la caperuza del horno por la chimenea del horno, era solamente suficiente para aspirar una cantidad de aire relativamente pequeña por el vertedor del clinker. Por consiguiente, este último se ponía al rojo y pronto se quemaba y destruía. Se obtuvo una corriente adicional de aire caliente para el horno, acoplando la tubería de aspiración del ventilador inyector del aire que arrastra el carbón hacia el mechero con la caperuza del enfriador (E), pero esta disposición empeoró las cosas aún más, por el poco ajuste de los anillos de cierre del aire en las caperuzas del horno y del enfriador. El anillo de cierre del horno consistía en una plancha anular de unos 15 cms. por unos 9 mms. de sección transversal. Estaba dispuesto alrededor del extremo del horno y sujeto con pernos al frente de la caperuza. La plancha estaba dividida en cuatro cuadrantes, cada uno de los cuales podía ajustarse

separadamente a la circunferencia del horno, por estar alargados los agujeros de los pernos. Cuando el horno era nuevo y verdaderamente circular en el punto de colocación del anillo de cierre, y cuando el extremo del horno rodaba bien centrado sobre los rodillos de apoyo, el cierre resultaba satisfactorio. No obstante, por razón del calor, el extremo del horno pronto se deformaba, y los cuadrantes del anillo de cierre eran empujados hacia atrás, dejando grandes brechas, resultando que el aire frío entraba en la caperuza del horno por las brechas del anillo de empaquetado, más fácilmente de lo que el aire caliente a través del vertedor de clinker.

En la caperuza (E) del enfriador la situación venía a ser poco más o menos la misma. En la caperuza del enfriador, la tubería (F) producía una corriente, y el aire frío entraba en dicha caperuza por las rendijas del anillo de cierre con mayor facilidad que recorriendo el enfriador, tanto más cuanto que el orificio al extremo del enfriador estaba en gran parte interceptado por el extremo inferior del vertedor del clinker. En consecuencia, muy pequeña cantidad del aire necessario para la combustión en el horno entraba por el enfriador, y el calor del clinker que salía del horno se malgastaba en calentar hasta el rojo la cubierta del enfriador y en quemar los canales longitudinales agitadores que se habían dispuesto en el interior del enfriador. El clinker salía también del enfriador a una temperatura relativamente elevada.

El uso de chimeneas más altas, y la consiguiente producción de mayor tiro dentro de la caperuza del horno, no mejoró las cosas hasta que se eliminó la entrada de aire por los anillos de cierre. El autor ensayó dos o tres hornos en los que 75% del aire requerido para la combustión se suministraba, bien por la boquilla de combustión del carbón, bien por las rendijas de la caperuza del horno. Estas entradas reducían proporcionalmente la cantidad de aire que podía ser aspirado por el enfriador y calentado previamente, y la proporción de calor recuperado del clinker caliente quedaba también proporcionalmente reducida.

Calor del clinker al salir del horno.

Si la cantidad de calor almacenado en el clinker que sale del horno se perdiese toda, el aumento de consumo de carbón que resultaría podría calcularse en la forma siguiente:

El calor recuperable en una tonelada de clinker, calculado entre las temperaturas de 1200° C y 90° C, con un salor específico de 0.24, es de

$$\frac{1110 \times 0.24 \times 1000}{7000} = 38.1 \text{ kgs. de carbón corriente.}$$

Expresado con relación al peso de clinker producido, la cantidad se convierte en:

$$\frac{38.1 \times 100}{1000} = 3.81\%.$$

Pero esto no es todo, sin embargo, ya que para reemplazar el calor perdido con el clinker hay que quemar en el horno una cantidad adicional de carbón. De este calor adicional, 20% se escapará por la chimenea con los gases de

escape, de modo que el aumento efectivo en el consumo de carbón, debido a la no recuperación del calor del clinker en el enfriador sería de

$$\frac{3.81}{0.80} = 4.76 \text{ del peso del clinker.}$$

Por lo tanto, sin el enfriador, el consumo total de carbón corriente en un horno cuyo balance térmico sea el que se ha expresado más arriba, se elevaría del 26.45 al 31.21%.

Perfeccionamientos modernos.

Se dió un notable paso adelante al adoptar anillos de cierre de ajuste automático con las caperuzas del horno y del enfriador, y aplicando a este último el tiro forzado. El extremo superior del enfriador se forró asimismo de ladrillo refractario hasta un tercio de su longitud. Inyectando en el enfriador la cantidad de aire conveniente para la combustión en el horno (descontando la cantidad de aire frío inyectada por el ventilador del carbón) la pérdida por radiación en la cubierta del enfriador quedó muy reducida, y el clinker salía del enfriador suficientemente frío. También se evitó así el deterioro de las piezas internas de hierro del enfriador y del vertedor de hierro para el clinker. En esta forma han funcionado varias instalaciones de hornos verdaderamente eficaces.

Durante los dos últimos años, no obstante, se ha puesto en uso un vertedor de clinker formado enteramente de ladrillo refractario, que permite un amplio paso de aire desde el enfriador al horno, y que necesita muy pocas reparaciones. Esta disposición se reproduce en la fig. 7 (véase pág. 53), donde se han hecho las debidas referencias por medio de letras. Para un horno de 60 m. de longitud, el área mínima en sección transversal del vertedor de ladrillo refractario sería aproximadamente de 1 m 2.

El anillo de cierre de plancha de acero para la caperuza del horno está perforado con un diámetro unos 5 cms. mayor que el del extremo del horno, y se mueve libremente entre dos anillos de hierro angular que están remachados a la cubierta del horno. La circunferencia exterior del anillo de cierre se adapta sencillamente a un anillo de hierro angular remachado a la caperuza del horno. Es evidente que el extremo del horno podrá desencajarse mucho o desplazarse longitudinalmente sin que el dispositivo pierda su eficacia.

Pérdidas de combustible en los hornos primitivos: Resumen.

En Inglaterra, los primeros hornos rotatorios, especialmente por vía húmeda, tenían axproximadamente 30 m. de longitud. Ya hemos visto que a causa de las excesivas entradas de aire por los anillos de cierre y del escaso paso para el aire circulante entre el horno y el enfriador, el calor del clinker que salía del horno era casi completamente desperdiciado. Las entradas de aire frío por las rendijas eran igualmente causa de grandes pérdidas. Debido a la gran altura de las chimeneas de ladrillo empleadas, y al tiro que en consecuencia se originaba en la caperuza del horno, las entradas por el anillo de cierre hacían que en muchos casos el aire empleado para la combustión estuviese en exceso hasta del 40% y 50%. Este exceso de aire aumentaba tanto la cantidad como la temperatura de los gases de escape, y por consiguiente la pérdida de calor

con dichos gases. Por consiguiente, debido a las causas indicadas y a otras que mencionamos más abajo, el consumo de carbón corriente en los primitivos hornos de via humeda de 30 m. de largo solía ser de 34 a 38%.

Desde aquella época, la principal reducción del consumo de carbón en los hornos de una longitud de 30 a 75 m., no ha sido consecuencia del aumento de longitud, sino de otras causas, de las que podemos resumir las más importantes en la forma siguiente:

a). Mejor recuperación del calor del clinker que sale del horno.

b). Reducción del exceso de aire usado para la combustión, al 5% poco más o menos.

c). La mejora gradual de ciertos detalles mecánicos del horno, del enfriador y de la instalación auxiliar. De ahí que hoy día se consiga mucho más fácilmente el funcionamiento continuo, y que se consuma menos carbón en calentar y recalentar el horno.

d). Los hornos más largos, de diámetro proporcionalmente mayor, presentan la ventaja de que en ellos los anillos de clinker tienen menor probabilidad de persistir. En los hornos de diámetros menores, y con materiales relativamente bajos en sílice, los anillos de clinker ocasionaban paros frecuentes, cuyo efecto era aumentar el consumo de carbón y disminuir la producción de clinker.

Referencias a los Grabados.

Fig. 1 (véase pág. 41). A, horno rotatorio; B, zona de clinkerización ensanchada; C, enfriador rotatorio; D, caperuza del horno; E, tubería del mechero de carbón; F, vertedor de ladrillo refractario para el clinker; G. plataforma del calcinador; H, depósito de alimentación de la pasta; J, tubería de alimentación de la pasta en el horno; K, transportador de bandejas para el clinker enfriado; L, conductos de humos del horno; M, registro regulador; N, chimenea, de 45 m. de altura.

Fig. 2 (véase pág. 44). A, depósito de alimentación de pasta; B, tamiz de alambre; C, tubería de alimentación de pasta procedente de las bombas; D, tubería de rebosadero a los mezcladores; E, orificio de salida y válvula corredera; F, palanca de maniobra y sector graduado; G, vertedor de descarga; H, recipiente medidor de la pasta; I, tapón de madera con mango; J, receptor del rebosadero; K, tubo de alimentación de pasta al horno.

Fig. 3 (véase pág. 46). A, depósito de alimentación de la pasta, en dos compartimientos; B, tubería de alimentación de la pasta; C, abertura del rebosadero; D, cucharas de pasta; E, tambor central que vierte la pasta a otro compartimiento del depósito; F, nivel normal de la pasta; G, borde de la abertura del rebosadero; H, regreso de la pasta a los mezcladores; I, tubería de descarga de la pasta en el horno.

Fig. 4 (véase pág. 47). A, tolva del carbón pulverizado; B, puerta corredera; C, tornillos alimentadores de carbón, en número de dos; D, caja cilíndrica para cada tornillo; E, pieza de fundición en forma de eyector o venturi para la alimentación de carbón; F, tubería del mechero de carbón del horno.

Fig. 5 (véase pág. 49).

Fig. 6 (véase pág. 50). A, horno rotatorio; B, caperuza del horno; C, enfriador; D, vertedor de hierro para el clinker; E, caperuza del enfriador; F, tubería de aspiración del ventilador del mechero del carbón; G, anillos de cierre de la caperuza del horno; H, anillos de cierre de la caperuza del enfriador; I, compuerta de descarga para los residuos.

Fig. 7 (véase pág. 53). A, horno rotatorio; B, caperuza del horno; C, enfriador; D, vertedor de ladrillos refractarios para el clinker; E, soportes de barras de hierro para sostener la obra de refactarios; F, anillo de cierre de la caperuza del horno; G, anillo de cierre de la caperuza del enfriador; H, aliviadero para el clinker.

(*Continuará*).

Nueva fábrica de G. & T. Earle, Ltd., en Hope, Inglaterra.

RECIENTEMENTE se puso en marcha la fabricación de cemento Portland en la nueva fábrica de los Sres. G. & T. Earle, Ltd., de Hull, Inglaterra. La localidad elegida ha sido Hope, en Derbyshire. Sin duda interesará un breve resumen de los puntos de donde ha arrancado la práctica adoptada, y de las nuevas ideas (por lo que respecta a la Gran Bretaña) que se están ensayando.

Por primera vez se ha adoptado el uso de una machacadora giratoria para la trituración fina en una fábrica de cemento. Los gases de salida son conducidos directamente hacia ventiladores colectores de polvo. En toda la fábrica solamente se han dispuesto tres elevadores, uno de los cuales transporta el carbón desde los vagones del ferrocarril hasta las tolvas de almacenaje, el segundo sirve para el almacenaje del carbón fino, y el tercero recoge el polvo que procede de los ventiladores del tiro inducido del horno, para llevarlo nuevamente al horno. Los procesos de trituración, molturación, alimentación de pasta en el horno y preparación de la arcilla se realizan todos sin la ayuda de un elevador de cangilones. No hay ninguna vía para poner en comunicación la cantera de arcilla con los tanques desleidores. La arcilla se extrae directamente por una excavadora de cable, que desde la cantera la lleva directamente a un molino desleidor; desde éste es llevada luego al depósito de almacenaje por medio de bombas.

La fábrica ha sido proyectada para una producción de cemento de 3,200 t. por semana, y se han previsto para ella nuevas ampliaciones. Al visitar la localidad, llama inmediatamente la atención la índole ondulada del terreno, y se comprende que el plano de las canteras y de la fábrica haya sido en gran manera determinado por el relieve del terreno. El piso de las canteras está a 268 metros por encima del " ordnance datum," la fábrica propiamente dicha

termina con el molino desleidor de arcilla a 175 m. O.D., y así resulta que hay una diferencia de 93 m. entre los niveles superior e inferior de aquélla.

La cantera.—La caliza, es de calidad superior, casi libre de humedad, y contiene 97% de carbonato cálcico. Durante la construcción de la fábrica se preparó un frente de canteras de unos 200 m. de largo, para trabajar por grandes voladuras. Poco antes de comenzar la fabricación se terminó la perforación de este frente, y en una sola vez se extrajeron unas 30,000 toneladas de caliza, que fué arrancada y reducida a tamaño a propósito para ser recogida por una pala eléctrica. Los barrenos, abiertos con perforadoras construídas por la misma compañía, tenían 15 cms. de diámetro por unos 10 m. de profundidad, y fueron explosionados todos a la vez.

La caliza, ya partida, se recoge con una pala eléctrica, cuya cuchara es de una capacidad de 2.5m³, y que va sobre ruedas de oruga para trasladarse de un punto a otro. El movimiento del brazo se realiza por medio de un mecanismo cerrado que funciona mediante un motor independiente; de hecho, para cada movimiento se ha dispuesto un motor independiente. Un motor de 110 C.V. realiza la elevación, mientras que el movimiento del brazo y el desplazamiento tienen respectivamente, motores de 40 C.V. cada uno. Cada uno de los tres movimientos es controlado por un panel de stator de tipo de contactor inversor separado, con enclavamientos mecánicos y eléctricos y relevadores de sobrecarga. Reguladores principales, provistos de palancas a mano verticales, accionan estos contactores, habiéndose dispuesto una protección bipolar de sobrecarga en todos ellos. Los embragues son accionados neumáticamente con un esfuerzo mínimo por parte del operador. Los controls dispuestos protegen completamente los motores, que pueden estar enrayados durante bastante tiempo sin deteriorarse.

Las dos locomotoras eléctricas, usadas para transportar la caliza desde el frente de la cantera al local de las machacadoras, van accionadas cada una por dos motores de 27 C.V., y son capaces de remolcar una carga de 50 toneladas por la rampa más fuerte admitida en las canteras que es del 2 por 100, a una velocidad de 16 kms. por hora. La corriente es continua y la captan dos zapatas colectoras, que están en contacto con un tercer carril, situado en el centro de la línea. La corriente trifásica a 400 volts es convertida en corriente continua a 250 volts con retorno por tierra, para suministrar la energía necesaria para estas locomotoras. Para transportar la caliza al local de machacadoras, se utilizan vagones de acero de ancho de vía normal, y de una capacidad de 5.3m³.

En el local de las machacadoras se ha instalado la mayor machacadora de mandíbulas conocida hasta ahora en Inglaterra, de una abertura de 1.80 x 1.20 m., y que pesa unas 133 toneladas. Puede recibir bloques de piedra de 5 toneladas de peso y reducirlos a un tamaño de 15 cms., siendo su producción de unas 250 toneladas por hora. Esta machacadora es accionada por un motor de 250 C.V., y la piedra machacada pasa a una segunda machacadora del tipo de cono giratorio. Esta última machacadora se diferencia del tipo normal de machacadoras giratorias en que va a una velocidad mucho mayor (unas 450

r.p.m.), y el cono está aplanado hacia la base. En la machacadora giratoria corriente el tamaño mayor de piedra que puede admitirse queda determinado por la distancia entre el cono y su caja en su punto más ancho. En esta machacadora para material fino, sin embargo, el cono aplanado y la gran velocidad retardan la salida del material machacado, cuando menos por el término de una revolución completa del molino. Esto da como resultado que el tamaño mayor de la piedra queda regulado por la distancia entre el extremo pequeño del cono y la armadura, y no por el lado abierto. La presión del machacado es absorbida por unos cuarenta resortes en espiral, cuya tensión (y con ella el tamaño del producto machacado) puede graduarse estando la máquina en marcha. El peso de esta machacadora es de unas 50 toneladas, y su producción de unas 225 toneladas por hora, cuando se machacan bloques de 30 cms. hasta dejar la piedra a 1 cm. Es la mayor machacadora de su tipo existente en Inglaterra.

Hay un desnivel de 60 m. en la falda de la colina desde la entrada de la machacadora de mandíbulas hasta la parte superior de los silos de caliza, y ha debido prestarse atención a este punto. Desde la explanada de la cantera hasta la machacadora de mandíbulas, la piedra desciende unos 8.50 m., y desde allí hasta la entrada de la machacadora secundaria cónica, un transportador de correa de 100 m. de largo por 1 m. de ancho baja la piedra una distancia de 18 m., hasta llegar a la machacadora cónica. El descenso final, cuesta abajo por la colina, se realiza por un conducto, en el que se han dispuesto sólidas cadenas, con el fin de retardar la marcha de la piedra, antes de que llegue a un transportador de correa, que la lleva hasta el silo de caliza. Este silo está hecho de hormigón armado, teniendo una capacidad de 2,000 toneladas de piedra, y desde dicho punto, la caliza machacada es conducida directamente a las mesas de alimentación de dos molinos combinados, de 11 m. por 2.20 m. de diámetro, accionado cada uno por motores auto-sincrónicos, de 650 C.V., mediante un reductor de engranaje.

Los molinos de crudo, lo mismo que los molinos de vía seca mencionados más adelante, son accionados directamente, con interposición de un reductor de engranajes, por medio de un acoplamiento y árbol fijos y centrados al molino con su eje, prescindiendo así del piñón y corona dentada, corrientemente empleados en los molinos tubulares.

La pasta de los molinos de crudo pasa por un tamiz vibratorio accionado mecánicamente por un motor, tamiz que separa los granos de tamaño excesivo antes de que la pasta pase a las bombas centrífugas que la transportan a los depósitos de almacenaje.

El almacenaje de pasta se realiza en cinco depósitos de hormigón armado, de una capacidad de unos 480 m^3 cada uno. Estos silos no tienen sistema de agitado mecánico, pero, en cambio, están provistos de dispositivos mezcladores por aire comprimido, con auxilio de tuberías fijas situadas al fondo de cada depósito.

Tratamiento de la arcilla.—En el banco de arcilla se encuentra un molino desleidor de 6 m. de diámetro, provisto de un motor de 104 C.V., que deslíe la

arcilla a razón de 60 toneladas por hora. Desde dicho punto la arcilla es transportada por bombas de émbolo zambullidor hasta la fábrica.

La arcilla se extrae por medio de una excavadora de cable, que tiene una cuchara de 2.25 m^3, y es capaz de dar unas 60 toneladas por hora, con una longitud máxima de arrastre sobre el cable aéreo de 250 m. La energía para esta excavadora la suministra un motor de 150 C.V., y trabajando un turno por día, suministra cantidad suficiente de arcilla para toda la producción de la fábrica.

Desde los desleidores de arcilla, la pasta se transporta por medio de bombas a una distancia de 700 m., donde se halla la fábrica, y allí se la almacena en dos depósitos de arcilla, que tienen cada uno cabida para 620 toneladas de pasta. Desde dichos depósitos, la pasta baja por su propio peso, a través de una válvula de flotación, hasta un tanque medidor, y allí dos ruedas de cangilones con velocidad regulable suministran dosis ya medidas a los molinos, a los que también desciende la pasta por su peso. Es interesante la forma cómo se mantiene constante el nivel de la pasta en el depósito de medición, por medio de una válvula de flotador. El flotador, en lugar de actuar directamente sobre la válvula, va provisto de un mecanismo contactor y de un pequeño motor que hace girar hacia atrás y hacia adelante la rueda de la válvula, según fuere la presión variable existente en el depósito de arcilla y la demanda de los molinos.

Sala de hornos.—En la sala de hornos se han montado dos hornos, y los molinos de carbón. Los hornos tienen 84 m. de largo por 2.60 m. de diámetro, con zonas de clinkerización ensanchadas, de 14 m. de largo por 3.15 m. de diámetro; cada horno tiene una capacidad productora normal de unas 10 toneladas de clinker por hora. Los enfriadores son del último modelo, y están formados por doce enfriadores integrales, dispuestos alrededor del horno. Estos enfriadores contienen gran cantidad de guirnaldas de cadena en su interior, para que, a medida que gire el horno, vayan sumergiéndose alternativamente en el clinker, y adquieran parte de su calor, que luego transmiten al aire frío entrante, cuando la rotación del horno las vuelve a separar del clinker caliente.

Desde los hornos, el clinker cae sobre un transportador de correa de material especial, capaz de resistir altas temperaturas. Este transportador lleva el clinker a un pequeño depósito, que se vacia a intervalos frecuentes por medio de una grúa y una cuchara prensora, que vierte el clinker en un depósito de una capacidad de 3,350 toneladas, situado a nivel del suelo.

En la sala de hornos, detrás de la plataforma del calcinador, se ha dispuesto la instalación de molturación del carbón. Consiste en molinos combinados de bolas y refinos tubulares, por los cuales pasa el aire caliente de los enfriadores de clinker, combinando así la operación de desecación con la de molturación, y suprimiendo la necesidad de un secador especial para el carbón. El carbón se separa del aire caliente por medio de un ciclón, siendo elevado hasta silos de almacenaje de carbón fino, de este modo se pueden parar los molinos de carbón a intervalos, para su reparación, así como hacer que marchen a plena carga, cuando el consumo del horno es menor que la capacidad productora del molino de carbón correspondiente.

El carbón llega a la fábrica en vagones de ferrocarril, que son llevados hasta un volcador, desde donde el carbón es elevado a silos de carbón de hormigón armado, a razón de 120 toneladas por hora. El mismo volcador se emplea también para descargar la piedra de yeso a granel, habiéndose dispuesto al efecto un transportador paralelo.

Molturación.—La sección de molturación de esta fábrica se halla instalada en un espacioso local, que contiene los molinos de crudo y de clinker. El local se halla dividido por un muro de división, a uno de cuyos lados se hallan los cuadros de interruptores de alta y baja tensión, junto con los reductores y motores, que están acoplados a todos los molinos. Un eje de pequeña velocidad para cada molino pasa a través de la pared, hasta la sala de molinos adyacente, donde también se hallan dispuestas las bombas para al transporte, tanto de la pasta cruda como del cemento acabado.

Molinos de cemento.—Estos molinos (en número de dos), son similares a los molinos de crudo de 11 m. por 2.20 m. de diámetro, pero van acoplados a motores auto-sincrónicos de 750 C.V., que trabajan a una tensión de 3,000 volts. Desde los molinos de cemento, éste es transportado a los almacenes mediante un sistema neumático por una tubería de 100 m. de largo y 10 cm. de diámetro. La altura vertical a que se eleva el cemento hasta el silo, mediante esta tubería, es de 22 m., y para suministrar la energía necesaria para el sistema, se han dispuesto cuatro compresores rotatorios, de una capacidad de unos 15 m^3. cada uno, a una presión de 2.8 kg. por cm^2.

El cemento, desde los molinos, va a parar a uno u otro de dos depósitos provistos de una válvula de flotador, que funciona por acción del nivel del cemento en el depósito. Al abrirse dicha válvula, se admite aire en el depósito, lo que hace que el cemento sea impelido hacia el silo; entre tanto, el otro depósito se llena de una manera similar.

Almacenaje de cemento.—Se han dispuesto seis silos de hormigón armado, de una capacidad de 1,500 toneladas cada uno, estando uno de ellos dividido en compartimientos para calidades especiales de cemento en pequeñas partidas. El envasado se realiza automáticamente, implicando el uso de sacos con válvula. Estos sacos se suspenden del platillo de la máquina pesadora, y cuando han recibido el peso debido de cemento, son descargados automáticamente por la máquina, y caen sobre un canalizo adecuado, que los carga en vagones de f.c. o en camiones.

Por encima de las máquinas pesadoras se ha dispuesto una tolva especial de almacenaje de cemento, provista de brazos mezcladores, a manera de un mezclador de pasta. Una inyección continua y reducida de aire comprimido en la tolva da fluidez al cemento, y le permite correr fácilmente por su propio peso hasta los sacos.

Suministro de energía.—Al objeto de suministrar energía a la fábrica, se ha hecho llegar desde las cercanías de Sheffield una línea aérea doble, a una tensión de 33,000 V., para prevenir la posibilidad de que una línea fallara, en cuyo caso puede utilizarse la otra, a fin de mantener el debido suministro de fuerza.

Los motores de más de 150 C.V. funcionan a 3,000 volts, y para los motores de 150 C.V. o menos se ha adoptado una tensión de 400 volts. La distribución de energía se realiza por medio de cuatro sub-estaciones.

Los grabados están dispuestos como sigue: Fig. 1 (véase pág. 55), vista general; fig. 2 (véase pág. 56), plano general; fig. 3 (véase pág. 57), los hornos rotatorios, vistos mirando hacia los enfriadores; fig. 4 (véase pág. 58), los hornos rotatorios, vistos desde el piso de combustión; fig. 5 (véase pág. 59), machacadora de mandibulas, de 1.85 m. por 1.22 m; fig. 6 (véase pág. 60), alimentación de la machacadora de mandíbulas; fig. 7 (véase pág. 61), machacadora de cono; fig. 8 (véase pág. 62), dos motores auto-sincrónicos, de 650 C.V., con reductor de engranaje, que accionan los molinos de pasta; fig. 9 (véase pág. 63), cuadro principal de aparatos, y transformadores de 3,000/400 volts; fig. 10 (véase pág. 64), una de las máquinas ensacadoras; fig. 11 (véase pág. 65), excavadora de cable (capacidad 4 toneladas); fig. 12 (véase pág. 67), vista de la cantera.

Los metodos de ensayo del cemento.

por el DR. G. HAEGERMANN.

(Director del Laboratorio de la Asociación de Fabricantes Alemanes de cemento Portland—de Berlin-Karlshorst.)

El objeto del ensayo del cemento es la evaluación de las cualidades relacionadas con su empleo práctico y la posibilidad de una exacta comparación de calidades, mediante la ejecución de ensayos, aun siendo éstos efectuados en distintos laboratorios. Las cualidades que principalmente conviene determinar en el cemento son: la estabilidad de volumen, el tiempo del fraguado y la resistencia. Junto a ellas, pero ya con importancia secundaria, hay la finura de molido, la densidad aparente y el peso específico; puesto que ni estas últimas cualidades, ni la composición química, permitirían formarse un juicio o criterio exacto acerca del valor práctico de un cemento. La experiencia ha enseñado que la estabilidad de volumen y el tiempo de fraguado conviene que sean ensayados en probetas de pasta pura de cemento; en cambio, la resistencia es mejor ensayarla en probetas de mortero, preparadas con cemento, agua y arena.

Para la determinación de la estabilidad de volumen, existe una perfecta concordancia entre las prescripciones de los Pliegos de Condiciones o Normas de todos los países.

La estabilidad de volumen se ensaya manteniendo una galleta de cemento en agua fría, a bien de manera acelerada, mediante la prueba de Le Chatelier, o la prueba a la ebullición, según Michaelis.

Los métodos denominados " acelerados " son en parte más enérgicos y en parte más débiles que los ensayos por conservación de las probetas en agua fría. Numerosos y circunstanciados ensayos han permitido demostrar que un cemento,

aún no resistiendo la prueba acelerada, puede ser, sin embargo, un cemento perfectamente estable de volumen, desde el punto de vista practico. En el laboratorio de la Asociación de fabricantes alemanes de cemento Portland de Berlin-Karlshorst existen fragmentos de cementos que no resistieron los ensayos acelerados y que, no obstante, llevan 33 años resistiendo irreprochablemente la acción de los elementos, en obras a la intemperie. Por otra parte, los ensayos acelerados no ponen de manifiesto la expansión debida al yeso. La objeción, con frecuencia planteada, de que los métodos de ensayo acelerado no corresponden a la forma de aplicación del cemento en la práctica, tiene indudablemente un fondo de razón, y aunque no puede dejarse de reconocer que los ensayos acelerados pueden ser útiles para establecer un dictamen provisional de la estabilidad de volumen, para poderse formar un juicio definitivo de la misma, es más conveniente ver el modo de conducirse de las probetas mantenidas en agua fría.

La determinación de los plazos de fraguado se efectúa, en general, con el aparato de Vicat. Desde hace ya muchos años, se está tratando con interés de substituir ese aparato por otro, que pueda registrar mecánicamente los plazos del fraguado; pero, por ahora, todos los aparatos propuestos han resultado poco satisfactorios.

El ensayo del fraguado debe proporcionar datos acerca del intervalo de tiempo, durante el cual puede ser manipulado un mortero o un hormigón (empezando a contar desde el instante de su preparación) sin que sus resistencias ulteriores sufran menoscabo alguno. Las prescripciones relatives a la calidad comprenden, por consiguiente, normas sobre el principio del fraguado. Es, pues, misión del ensayo comprobar si el principio del fraguado corresponde o no a lo prescrito, y desde este punto de vista, el aparato de Vicat es adecuado.

En tanto que el principio del fraguado equivale idénticamente al comienzo de la reacción que lo produce, sucede, en cambio, que el fin del fraguado es un límite que viene a establecerse de una manera bastante arbitraria, y que, además, caracteriza un cierto grado de endurecimiento, de una importancia sólo relativa. Por esta razón, en la mayor parte de los Pliegos de condiciones no se han introducido prescripciones relativas a la duración del fraguado; y en los que las contienen, podrían ser substituídas, sin inconveniente alguno, por prescripciones de resistencias a plazos cortos.

Entre las métodos de determinación de la estabilidad de volumen y del tiempo de fraguado en los diversos países, existe excelente concordancia, cosa que no ocurre cuando se trata de los métodos para determinar las resistencias.

Lo más sencillo sería, indudablemente, determinar las resistencias sobre probetas endurecidas de pasta pura de cemento, preparadas con dosis bien determinadas de cemento y agua. Pero tal procedimiento no permite deducir consecuencia práctica alguna acerca de la llamada resistencia con arena. En la práctica, el cemento debe ser aplicado mezclado con arena o con algún material similar; el empleo de morteros con poco material inerte es defectuoso. Lo que se hace en la práctica, debe traducirse también en disposiciones adecuadas

que lo tengan en cuenta, al hacer el ensayo del cemento en el laboratorio. Ahora bien, como el ensayo de probetas de pasta pura de cemento no da resultados utilizables en la practica (y la experiencia asi lo ha demostrado), se han llevado a cabo análogas observaciones en los ensayos de morteros con arena normal, especialmente cuando se trata de cementos de resistencia especial, como ocurre en el caso de los cementos naturales, por ejemplo. En otros términos, se puede decir que el método de ensayo, ordinario y corriente en la actualidad, sólo es apicable a cementos cuyo proceso de fabricación esté bien determinado, como, por ejemplo, los cementos Portland.

En los Pliegos de condiciones de la mayor parte de los países se tiene en cuenta esa circunstancia, hasta el punto de ser la " definición " uno de los punto esenciales de aquellos Pliegos. D. B. Butler, en una conferencia sobre los " Nuevos Perfeccionamientos en la fabricación del cemento "[1] dijo que la prueba con probetas de pasta pura debe ser conservada, pues hay calidades de cementos Portland que en el ensayo con probetas de mortero darían muchas veces satisfactorios resultados y que, en cambio, dan valores relativamente bajos al ser ensayados en forma de probetas de pasta pura. Este fenómeno, ciertamente, ocurre a menudo, pero la prueba con mortero normal, sin embargo, tempoco da indicación alguna acerca del resultado que el material dará cuando se emplee amasado con arena de grano mezclado y alta dosis de agua. Es necesario esperar aún el resultado de nuevos ensayos antes de poder afirmar si será posible encontrar un método de ensayo apropiado para el examen y calificación de toda clase de cementos, y de sus procedimientos de fabricación.

Para lograr resultados comparables en el ensayo del cemento Portland sobre probetas de mortero, es preciso partir de la base de que se determinen con precisión la clase de arena, la dosis de agua, el grado de consistencia, las proporciones de la mezcla, la forma del mezclado, el molde y su preparación, la clase de curación o conservación, y la edad o tiempo de la probeta que se va a ensayar. La modificación de alguna de esas constantes trae, como consecuencia, que se modifique también el resultado del ensayo.

Existe una marcada concordancia entre los Pliegos sobre la curación y los plazos de ensayos de las probetas. Nada hay que objetar contra la curación en agua de 15 a 18° C. (después de mantener 24 horas las probetas en aire húmedo), ni contra la denominada curación o conservación combinada (1 día en aire húmedo, 6 días en agua, y 21 días al aire de la habitación). Estas pruebas, así definidas, han dado siempre buenos resultados, y no es aconsejable modificarlas.

Las prescripciones relativas a los plazos o edades de las probetas son diferentes según los Pliegos, ya que, mientras unas exigen únicamente los ensayos a 7 y 28 días, otras prescriben tambíen los ensayos a 2 y 3 días, y en Austria se han adoptado como exclusivos los plazos de ensayo propuestos por Spindel, a 2 y 7 días (suprimiendo el ensayo a 28 días).

El ensayo de los morteros a plazos cortos se ha hecho necessario, a causa, especialmente, de los cementos de alto valor, cuya característica más particular

[1] " Cement and Cement Manufacture," 1929, No. 2, Pag. 62 al 64.

es una resistencia inicial más elevada que la que dan los cementos comerciales ordinarios (circunstancia de especial importancia para su aplicación a la construcción). Es, además, conveniente, para poder dictaminar rápidamente acerca de la calidad de un cemento. Es indiferente escoger el plazo de ensayo de 2 días o el de 3; en Alemania se ha preferido el ensayo a 3 días, porque los resultados están sujetos a menores fluctuaciones que los del ensayo a 2 días. Sin embargo, se ha querido conservar, además, el ensayo tradicional a 28 días, para poder tener, así un dato más seguro, relativo al incremento progresivo de la resistencia, dato que es también necesario para poder establecer un juicio relativo a la calidad del cemento.

La determinación de las resistencias se lleva a cabo, ya sea únicamente en ensayos a la tracción, ya en ensayos a la tracción y a la comprésion. Ambas pruebas, a la tracción y la compresión, sirven para suministrar indicaciones acerca de las diversas cualidades del cemento, ya que no se ha podido comprobar ninguna relación segura entre ambos tipos de resistencias. En la práctica, se ha visto que los resultados de las pruebas a la tracción presentan fluctuaciones mucho mayores, siendo ésta la rezón que se ha tenido en cuenta en Alemania para suprimir la prueba a la tracción o para substituirla por otra prueba más adecuada. Además, el hormigón, en las obras, raras veces trabaja a la tracción, siendo solicitado normalmente a la compresión y a la flexión, por lo que la resistencia del mortero que más conviene especificar es la resistencia a la compresión. Debería prestarse, pues, el máximo interés, al ensayo a la compresión, y en el caso en que, además, se deseasen datos acerca de algún otro tipo de resistencia, se podría reemplazar la prueba a la tracción por la llamada prueba a la flexión (prismas), dado que las resistencias a la tracción y a la flexión proporcionan valores, que resultan ser proporcionales. No debe dejarse sin mencionar que, respecto a la prueba a la flexión, no se han recogido todavía suficientes datos para poder garantizar con seguridad la confianza que merecen sus resultados. Según los ensayos realizados hasta la fecha, las fluctuaciones de los resultados parecen quedar comprendidas entre límites más estrechos que en el caso del ensayo a la tracción.

La dosificación de los morteros, estipulada en todos los métodos de ensayos, de una parte de cemento por tres de arena normal, es adecuada y ha dado buenos resultados; es inútil, pues, insistir sobre dicho punto.

Notables diferencias se observan en la forma de efectuar la mezcla y amasado del mortero, y la preparación de las probetas. En unos casos, se prescribe que dichas operaciones se lleven a cabo con el auxilio de máquinas, y en otros casos, a mano. Tampoco existe unidad de criterio acerca del grado de compacidad que hay que dar al mortero al preparar las probetas. De ello resultan variaciones muy grandes en los resultados de los ensayos, cuando se emplean diversos precedimientos.

La preparación mecánica de la mezcla, y el apisonado mecánico, son preferibles a los métodos en que esas operaciones se hacen a mano, por eliminarse, así, las causas individuales de error. En general, para el mezclado y amasado mecánicos, se ha adoptado la amasadora tipo Steinbrück. El apisonada mecánico se efectúa con el aparato de martillos (tipo Böhme-Martens), o bien

con el mazo-pisón (tipo Klebe). Ambas máquinas pueden ser consideradas como igualmente aceptables; el aparato de martillos se ha popularizado más. Como con el mazo-pisón se realiza un mayor trabajo de apisonado que cuando se opera con el aparato de martillos, los resultados son también, como es natural, valores algo más elevados con el primero de ambos aparatos, sucediendo, además, que las resistencias en los plazos iniciales son las que resultan más influenciadas en dicho sentido. Los esfuerzos realizados para llegar a la unificación internacional en lo que atañe al aparato apisonador no han dado, por ahora, resultado, ni existe, siquiera, la menor esperanza de que tal unificación pueda llegarse a conseguir.

Cuando el ensayo se efectúa, no con mortero de consistencia de tierra húmeda, sino con mortero plástico, lo corriente es preparar las probetas a mano. Para eliminar las causas de error inherentes al factor personal del operador el mortero conviene que sea elegido tan flúido que no pueda influir en los resultados el mayor o menor cuidado que se ponga en el trabajo de apisonado o apelmazado de la masa.

Otra constante de los métodos de ensayo, cuya unificación internacional también tropezaría con grandes dificultades, es la de la arena normal. Abstracción hecha de los países da la Europa Central y Septentrional, en los que se ha conseguido la adopción de la arena normal alemana, casi en cada país del mundo se usa una arena propia y especial, cuyas composiciones granulomêtrica y química dependen da la clase de yacimientos de que se dispone en cada caso. Varian también las prescripciones de las Normas, relativas a los límites del tamaño de los granos. En general, dichos límites se establecen con tan poco margen, que la arena resultante casi puede calificarse de arena de "grano uniforme." En los casos en que se han adoptado las arena de grano mezclado, éstas se componen de varias fracciones que, por su parte, tienen también estrictamente delimitado el tamaño de su grano. La arena normal de grano uniforme ha demostrado ser adecuada para los ensayos con morteros de consistencia de tierra húmeda. En los casos en que el ensayo deba ser afectuado a base de morteros de consistencia plástica, debe preferirse el empleo de una arena de grano mezclado. La arena normal de grano uniforme no retiene suficientemente el agua del mortero, con lo cual las pérdidas de agua en los períodos iniciales influyen sensiblemente en los resultados. A este fenómeno es a lo que hay atribuir, principalmente, las faltas de éxito de los primeros ensayos efectuados con morteros de consistencia plástica. Según los experimentos de Féret, el empleo de una arena de grano mezclado, con proporción suficiente de granos finos, es una de las condiciones primordiales para conseguir resultados comparables en los ensayos con mortero plástico. Nuestras propias investigaciones nos han permitido confirmar los resultados de Féret.

La dosis de agua para el mortero, en la mayoría de los métodos de ensayo, está calculada de manera que los morteros resulten con una consistencia de tierra húmeda; sólo en excepcionales casos, se prescriben dosis mayores de agua, capaces de producir morteros blandos o plásticos. (Estados Unidos de la América del Norte, Francia y Suiza.)[1]

[1] Tan sólo para la prueba a la flexión.

La mayor o menor dosis de agua se determina, en general, por el grado de consistencia, averiguando primero la dosis necesaria de agua para la pasta pura (aparato de Vicat), o mediante la observación del momento en que empieza a rezumar agua del molde, durante el apisonado de las probetas con el aparato de martillos o con el mazo-pisón.[2] Ambos procedimientos constituyen una de las causas de que los resultados de ensayos efectuados en distintos laboratorios y puntos de investigación ofrezcan diferencias notables. El mortero de consistencia de tierra húmeda resulta inadecuado, por su misma índole, para la apreciación de su verdadero grado de consistencia, por cuyo motivo se empieza ya por fijar, de antemano, la dosis de agua a base de la pasta pura de cemento. Esta determinación sería mejor que se hiciera, no obstante, sobre el mismo mortero, preparándolo a base de una arena de grano mezclado y una mayor dosis de agua. En tanto se ensayen morteros de consistencia de tierra húmeda, el no tener en cuenta la dosis precisa de agua equivale a una fuente de pequeños errores, siendo ésta la causa de que en el método alemán de ensayos se haya alegido una dosificación de agua igual para todos los cementos.

Se objeta al uso de morteros con consistencia de tierra húmeda, que resultan de consistencia más seca que los usualmente empleados en el hormigón armado, y que el trabajo de apisonado es, proporcionalmente, mucho mayor en la preparación de las probetas que en la práctica de la construcción. Esta objeción no es del todo infundada, habiéndose trabajado con interés en muchos países para lograr efectuar los ensayos con morteros plásticos, en lugar de hacerlo con morteros de consistencia de tierra húmeda. Puedo mencionar, por ejemplo, los trabajos de la antigua " Liga Internacional para el ensayo de materiales industriales " que, durante más de veinte años se han llevado a cabo bajo el estímulo de R. Féret (Boulogne-sur-Mer), y según un plan de ensayos redactado por Schüle (Zürich); así como los de los proyectos de R. Féret y M. Ros (Zürich) en ocasión del Congreso Internacional de Amsterdam (1927).

Más adelante hemos de insistir más detalladamente acerca de los resultados ya obtenidos con el ensayo de morteros plásticos.

Se deja sentir, de manera muy general, y en campo muy extenso, la conveniencia y el deseo de una unificación internacional del método de ensayo. Para la determinación de la estabilidad de volumen y de las circunstancias del fraguado, ya existe una notable concordancia de procedimientos; no ocurre lo propio, en cambio, con la determinación de las resistencias. Hay que empezar, desde luego, por eliminar las divergencias fundamentales de opinión acerca de las probetas y de su preparación; pero, aunque en ese punto se llegase a la unificación, siempre quedaría existente una cierta variedad en los métodos de ensayos, que es la de la arena. Sería, sobre todo, ya un gran adelanto hacia el establecimiento de un método único de ensayo, el que se pudiese llegar a un acuerdo unánime acerca del tipo de probetas, y sobre las Normas para su preparación.

Hasta ahora los distintos idiomas constituían un considerable obstáculo para el intercambio de opiniones. Gracias a esta Revista, editada en cuatro idiomas,

[2] El agua debe rezumar entre los 90 y los 110 golpes.

tal obstáculo va a ser rodeado, y sería sumanente satisfactorio que se dedicase en ella el mayor número de páginas posible a los fundamentales cuestiones del ensayo de cementos, dado que la adopción del ensayo en mortero plástico, que tan gran interés ha despertado en la actualidad en muchos países, nos ofrece una excepcional oportunidad para la instauración de un método de ensayos unificado.

El fraguado y endurecimiento de los cementos.

por el PROFESOR C. H. DESCH, F.R.S.
(de la Universidad de Sheffield, Inglaterra.)

La resistencia de un mortero u hormigón se determina por las reacciones que tienen lugar entre el cemento y el agua con que se le amasa. A fin de obtener mejores propiedades de los cementos es necesario, por lo tanto, entender las reacciones que se efectúan en los procesos de fraguado y endurecimiento. Ya en 1856 A. Winkler indicó que el cemento se hidrolizaba por acción del agua, convirtiéndose en cal libre, y los compuestos de la cal con la sílice y la alúmina que se pueden formar en reacciones por vía húmeda. En 1887 Henry Le Chatelier probó que las reacciones, efectivamente, se realizaban en dicha forma, y mediante estudios químicos y microscópicos cuidadosos identificó algunos de dichos productos. Comparando el proceso con el fraguado del yeso de Paris, dedujo que la resistencia de la masa después del fraguado era debida al entrelazamiento de hacecillos de cristales. Sus observaciones se hicieron por la mezcla del cemento o de los componentes individuales que se suponía formaban parte integrante del cemento, con un exceso de agua u otros reactivos sobre una placa de vidrio, y examinando los cristales que se iban formando en el transcurso del tiempo.

No quiere esto decir, sin embargo, que cuando la dosis de agua empleada sea menor las reacciones tengan lugar exactamente de la misma manera. En 1893, cuando acababa, de despertarse el interés de los químicos por las propiedades de las substancias coloides, W. Michaelis planteó la idea de que el principal producto de la acción del agua sobre el cemento no era un compuesto cristalino, sino una masa coloidal de composición variable, cuya base pudiera ser un sencillo silicato de cal hidratado. Siendo los aluminatos los primeros que se descomponen por acción del agua, puede producirse un aluminato más sencillo, en forma cristalina, si la cantidad de agua es suficiente, o como masa gelatinosa si el agua está presente en dosis más reducida. Los silicatos del cemento siguen entonces el mismo proceso.

Un examen cuidadoso del modo de conducirse los cementos en el agua, verificado al microscopio, presta mucho apoyo a esta hipótesis. Las partículas de cemento se hinchan, recubriéndose de una capa gelatinosa en la que aparecen posteriormente pequeños cristales. El endurecimiento que se produce cuando el exceso de agua ha sido eliminado puede ser debido, en parte, al entrelazamiento de cristales, pero probablemente en mucha mayor escala a la desecación de la masa coloidal, que da un producto vítreo. Es cierto que

desde que se realizó dicho trabajo, la diferencia entre los coloides y las substancias cristalinas se ha vuelto menos absoluta, ya que los exámenes por medio de rayos X han probado que muchas substancias coloidales están realmente compuestas de cristales, aunque de tamaño muy diminuto. Hay sin embargo todavía una diferencia tan patente entre los cristales de tamaño apreciable y los coloides, que podemos muy bien seguir manteniendo la distinción.

La descomposición de los componentes del cemento por el agua, que es una reacción del tipo conocido por los químicos con el nombre de hidrólisis, puede tener lugar gradualmente. Parte de la cal es eliminada en forma del hidróxido soluble, dejando un aluminato o silicato menos básico. Una nueva acción del agua puede eliminar mayor dosis de cal, y solamente se llega al final del proceso cuando el residuo consiste en sílice gelatinosa pura en un caso, o en alúmina gelatinosa pura en el otro. Al desaparecer el agua por la evaporación, la solución de cal se concentra, y parte de la cal puede volver a combinarse con los residuos ácidos. Este proceso es lento, ya que los coloides van volviéndose menos reactivos a medida que van perdiendo agua.

Estos resultados los han obtenido distintos investigadores, y resulta evidente que es imposible representar los cambios que ocurren con el fraguado y endurecimiento del cemento por medio de una serie de sencillas ecuaciones químicas. Los productos deben variar de composición según las dosis de las substancias reactivas, de modo que el resultado de mezclar un mortero con agua de cal, por ejemplo, no puede ser el mismo que si se empleara una cantidad igual de agua destilada, ya que la hidrólisis en el primer caso no podria llegar a una fase tan avanzada. Y también, si se agrega un material puzolánico fino y activo, la cal puede entrar en combinación a medida que va desprendiéndose, favoreciendo así una reacción progresiva. Desde el punto de vista de la resistencia al fuego, y también a la acción de los disolventes químicos, tales como el agua del mar o las aguas estancadas, es conveniente que en el mortero u hormigón haya la menor cantidad posible de cal libre (hidróxido), estando compuesta la masa de silicatos y aluminatos que no sean excesivamente básicos. Esto puede obtenerse agregando materias puzolánicas o de otras maneras. Su importancia es innegable.

La más fina molturación de los cementos que se ha hecho ahora general, permite que las reacciónes tengan lugar con mayor rapidez y más completamente. Después que una partícula se ha recubierto de una capa gelatinosa la reacción subsiguiente debe tener lugar por la difusión a través de dicha capa, proceso que es relativamente lento. Si, al mismo tiempo, la masa está experimentando cambios tales que se vuelva dura e impermeable, la reacción termina, mientras dentro existe todavía un núcleo de material inalterado que ya no es accesible a la reacción. El cemento representado por dicho núcleo está desperdiciado, ya que representa únicamente el papel de la arena o cualquiera otro cuerpo inerte.

En los ulteriores estudios que se hagan sobre este asunto, merecerán especial atención la rapidez de difusión del agua y de los disolventes a través de dichas capas. La composición del clinker está ahora bastante bien conocida, pero el estudio combinado de los procesos de fraguado y endurecimiento ha hecho menos progresos, a pesar de lo mucho que se ha llegado a escribir sobre el asunto. El que suscribe cree que una investigación científica de esta parte de la química-física de los cementos ha de tener una influencia importante sobre el futuro progreso técnico.

Fábricas de cemento recientes.

Reproducimos fotografías de algunas de las instalaciones de producción de cemento más importantes, de las realizadas recientemente por los Sres. Vickers-Armstrongs, Ltd. Entre ellas pueden citarse doce hornos para el grupo más importante de fabricantes de cemento de Inglaterra; la instalación completa de la fábrica de cemento Holborough, en Kent, con una capacidad de 180,000 toneladas de cemento al año; la maquinaria productora de cemento servida a Eastwoods Cement Works, de Barrington, Cambs. (de una capacidad anual de 120,000 toneladas); el horno rotatorio y molino de la Commonwealth Portland Cement Co., de Australia; y también tres hornos rotatorios para la Synthetic Ammonia & Nitrates, Ltd. (filial de la Imperial Chemical Industries, Ltd.). Además, han suministrado varias instalaciones de trituración y molturación en distintos puntos del mundo.

Algunas de las instalaciones arriba citadas ofrecen interés especial, pues comprenden el horno rotatorio " Reflex " Vickers, provisto de un enfriador integral. Se han suministrado tres hornos de este tipo a la Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., y a la British Portland Cement Manufacturers, Ltd., teniendo cada uno de ellos 98 m. de longitud y el enfriador integral de un diámetro de 8 m. Se afirma que estos hornos son los de mayor volumen de todo el mundo. También se han servido dos hornos de este tipo a la Synthetic Ammonia & Nitrates, Ltd.

La Vickers-Armstrongs, Ltd., ha obtenido recientemente los pedidos siguientes: un horno rotatorio " Reflex " para la Katni Cement Works, de la India; un horno rotatorio " Reflex " para la Japla Cement Works, también de la India; tres hornos rotatorios de cal para Brunner Mond & Co., Ltd. Otro contrato reciente cubre una instalación completa para la Green Island Cement Works, de Hong Kong (de una capacidad anual de 100,000 toneladas). En este contrato se han adquirido dos hornos rotatorios " Reflex " provistos de enfriadores integrales, y creemos que éste es uno de los mayores pedidos solicitados jamás de una fábrica británica para el Extremo Oriente.

La Casa Vickers-Armstrongs, Ltd., ha realizado también una instalación especial de molturación para la Compañía Lafarge de Cemento Aluminoso, y ha suministrado una machacadora de mandíbula oscilante, de 1.83 m. por 1.22 m., a la nueva fábrica de cemento de la casa G. & T. Earle, Ltd., en Hope (Inglaterra). Esta última máquina se supone es la mayor construída en Europa, y en otro punto de este mismo número se dan plenos detalles acerca de la misma.

La fig. 1 (véase pág. 75) reproduce los hornos de la Johnson's Cement Works, de Kent; la fig. 2 (véase pág. 76), los mismos hornos por el extremo de enfriamiento; la fig. 3 (véase pág. 76), la machacadora de mandíbulas de 1.83 m. por 1.22 m. de la fábrica de cemento en Hope; la fig. 4 (véase pág. 77), los hornos de 2.75 m. por 3.40 m. y por 61 m. de largo, de la Eastwoods Cement Works, de Barrington; la fig. 5 (véase pág. 77), las mezcladoras planetarias de 18.25 m. de diámetro de la fábrica de Eastwood; la fig. 6 (véase pág. 78), un molino de cemento de 2.15 m. por 11 m., de la Commonwealth Portland Cement Co., de Australia.

Nueva fábrica Italiana de cemento.

La fábrica de cemento de la " Italia " Soc. Anon. Cementi Portland Artificiale, de Génova, es una fábrica moderna a la que se ha aplicado la experiencia de los últimos años con respecto a la instalación económica de fábricas de cemento.

Los proyectos y planos, como también el equipo mecánico, han sido suministrados por la " Miag " Mühlenbau- und Industrie Co., a excepción únicamente de alguna maquinaria especial. La fábrica está situada al pie de los montes Apeninos, cerca del puerto de Génova.

Las primeras materias son principalmente marga, que contiene 75% de $CaCO_3$. Se transporta por una distancia de 2 kms. hasta la fábrica por un cable aéreo que atraviesa varios valles. También se usa en pequeñas cantidades una caliza de alta dosis de cal (98%). Esta caliza se transporta hasta la fábrica por vía férrea desde dos canteras situadas a alguna distancia. Los materiales agregados para la corrección de la mezcla cruda, que consisten en piritas tostadas, lo mismo que el yeso y carbón, se transportan también a la fábrica por ferrocarril.

La marga, caliza y pirita tostada se almacenan al aire libre; el carbón, clinker y piedra de yeso se conservan bajo techado. La manipulación de todo el material se hace mediante dos grúas de cuchara prensora; una de ellas funciona a la intemperie, pudiendo girar 360°; la otra, que trabaja bajo cubierta, es del tipo corriente de grúa transportadora.

Se han instalado transportadores de artesa del tipo " Torpedo." El transporte del material de pequeño tamaño se realiza por medio de transportadores neumáticos y de correa. Todas las máquinas grandes son accionadas directamente por motores sueltos con reductores de engranaje. Relativamente, se emplean pocos grupos de motores, de modo que los accionamientos por transmisión y correa son limitados. Todos los molinos y los depósitos de crudo y de pasta están proyectados para el empleo tanto de la vía húmeda como de la seca.

El equipo mecánico consiste en dos hornos rotatorios, uno de 3.05 m. de diámetro por 64 de largo, y el otro de 3.30 m. de diámetro por 64 m. de largo, con una producción diaria de 600 toneladas. A causa de la escasez de agua, actualmente se emplea la vía seca.

La Fig. 1 (véase pág. 80) es un plano general de la fábrica; la Fig. 2 (véase pág. 81) es una sección de la fábrica; la Fig. 3 (véase pág. 82) es una vista general de la misma.

Trituración.—La trituración de primeras materias se hace en las canteras. Para desmenuzar la marga se emplean dos trituradoras " Titan " del tipo 8 SSD. Las vagonetas cargadas se trasladan desde la cantera a las tolvas, siendo volcadas para descargar su contenido sobre transportadores de cinta de acero inclinada, que alimentan las trituradoras. La marga machacada cae en grandes silos, desde donde es extraída por válvulas correderas que la hacen caer en las vagonetas del ferrocarril suspendido, y así es transportada a la fábrica, donde se descarga en una tolva de una capacidad de 500 toneladas. El material en exceso se apila en montón por medio de la grúa de cuchara, y queda en reserva.

El material procedente de la cantera de caliza se tritura de forma similar, siendo transportado por cable aéreo, que descarga el material en vagones de f.c. Al llegar a la fábrica, se pesa la caliza, vertiéndola por medio de una grúa de cuchara prensora en otra tolva de una capacidad de 150 toneladas, próxima a la tolva de marga. También se explota otra cantera de caliza, desde la cual la piedra sin triturar se transporta a la fábrica. La trituración tiene lugar en la fábrica mediante una trituradora "Titan." Un elevador hace subir el material hasta verterlo en la segunda tolva.

Se ha dispuesto una tercera tolva para el almacenaje de las piritas tostadas. Toda la pirita tostada sobrante se almacena en montón, y la tolva puede llenarse por medio de la grúa de cuchara. Debajo de cada tolva hay un alimentador de mesa para los Poidometers, que realizan la dosificación de las primeras materias. La marga (aproximadamente un 90% del crudo) se pesa por separado, mientras que la caliza y la pirita tostada pasan por un segundo Poidometer. Los Poidometers vuelcan el material en un transportador de artesa del tipo "Torpedo."

Sección de desecación.—Durante la estación seca no hace falta la desecación artificial, y la mezcla se transporta directamente a los depósitos de alimentación, situados encima de los molinos de crudo. Cuando la desecación se hace necesaria, un elevador transporta la mezcla a una tolva, desde donde un alimentador de delantal introduce el material en un tambor desecador. Este tambor tiene 2.30 m. de diámetro por 18.60 de largo, y se calienta por medio del calor sobrante del horno, además de la calefacción ordinaria. Un transportador de artesa del tipo "Torpedo" recoge el material seco del tambor y lo eleva, por medio de otro transportador de artesa transversal y por un elevador de cangilones, hasta las tolvas de crudo, situadas encima de los molinos. Un transportador de artesa distribuye el material desecado en las tolvas.

Molinos y silos de crudo.—Unos alimentadores de mesa graduables introducen el material procedente de las tolvas en dos molinos de tres cámaras, de 2.05 m. por 12.50 m. Los molinos van soportados por dos cojinetes de muñón, provistos de lubricación automática. Después de salir de los molinos, el crudo se transporta a su silo por un transportador de tornillo. Finalmente, un elevador sube la mezcla, preparada ya para la cocción, depositándola en las tolvas de crudo, situadas encima de los hornos rotatorios. La mezcla se distribuye uniformemente entre los hornos, por un transportador de tornillo. Los alimentadores de crudo regulan la marcha o régimen de la alimentación y de la mezcla.

Hornos rotatorios.—El equipo actual consiste en dos hornos rotatorios de 3.30 m. por 64 m., y 3.05 m. por 64 m., con enfriadores de 2.05 m. por 21 m., situados debajo. Los hornos (Fig. 4, véase pág. 83) están provistos de cinco soportes de rodillos, refrigerados con agua y de lubricación automática. Los hornos van accionados por correa por motores de marcha regulable. El carbón se seca y muele en un departamento separado, y es inyectado en el horno por un mechero o tobera a alta presión.

Uno de los hornos rotatorios está provisto de un dispositivo patentado Stehmann para cerrar herméticamente todas las rendijas que pudieran permitir

la entrada del aire por el horno y el enfriador. Haciendo hermética la descarga del enfriador, y usando un ventilador de inyección a alta presión, todos los gases calientes del clinker se utilizan para calentar el horno, y se impide en absoluto la entrada de aire frío.

Una caldera de aprovechamiento de calor tipo Babcock-Wilcox sirve para los dos hornos, produciendo la mayor parte de la energía requerida por la fábrica. Si sace falta, junto con el turbo-generador se utiliza una caldera adicional. Los gases que salen del horno pasan por un colector eléctrico de polvo.

Desecación del carbón y molino de carbon.—El carbón que llega por ferrocarril se vacía desde los vagones mediante una grúa de cuchara, siendo transportado al alimentador de carbón por la misma grúa. El alimentador de carbón alimenta una pequeña trituradora " Titan." El carbón triturado se sube por medio de un elevador de cangilones hasta el silo de almacenaje, desde donde un alimentador de delantal alimenta el tambor-secador de 1.4 × 14 m. El carbón seco cae en un Poidometer automático, y es subido por un elevador a un gran silo de almacenaje, que consta de dos departamentos. Dos alimentadores de mesa sirven dos molinos de tres cámaras de 1.45 m. por 8.20 m., que se usan para molturar el carbón; son accionados por motores acoplados directamente, por mediación de un reductor de engranaje. Un elevador de cangilones transporta el carbón pulverizado a dos depósitos de almacenaje de carbón, situados encima de los hornos rotatorios. Hay un tornillo que lleva el sobrante a un silo de almacenaje de mayor capacidad.

Almacenaje del clinker.—El clinker descargado pasa por unos Poidometers y va a un transportador de artesa " Torpedo," que lo vierte en un pozo. La grúa de cuchara recoge el clinker y lo distribuye en el piso del almacén. La misma grúa recoge el clinker almacenado y lo vierte en los silos de clinker que alimentan los molinos de cemento. Próximo a ellos se halla un depósito de piedra de yeso. Ésta llega por ferrocarril, siendo vaciada por medio de la grúa de cuchara, y molida por una trituradora " Titan "; un elevador de cangilones la lleva al depósito.

Hay tres depósitos de clinker y uno de yeso, provisto cada uno de un dispositivo para su vaciado, que alimenta el transportador de artesa. Los depósitos de almacenaje del clinker, situados encima de los molinos de cemento, están conectados por un segundo transportador de artesa, un elevador, y otro transportador de artesa, que distribuye el clinker en las tolvas de los molinos.

Molino de cemento.—Cada uno de los dos molinos combinados, de 2.30 m. por 12.50 m., está provisto de dos alimentadores de mesa, para mezclar distintas clases de clinker, o para agregar otras materias, con algún fin especial. El tamaño de los molinos es casi el mismo que en la sección de molturación del crudo, y únicamente su diámetro es ligeramente mayor. El cemento, molido a la finura corriente, se transporta al silo de cemento mediante una bomba Fuller-Kinyon, o por transportadores de correa y de tornillo.

Silos de cemento: envasado y transporte.—El almacenaje de cemento se hace en dos silos de hormigón, de 10 m. de diámetro por 21 m. de alto, conectados por un transportador de tornillo. Pueden vaciarse neumáticamente, por un " Silator," o por cadenas, que recogen el cemento del fondo del silo, haciéndolo

A. L. CURTIS

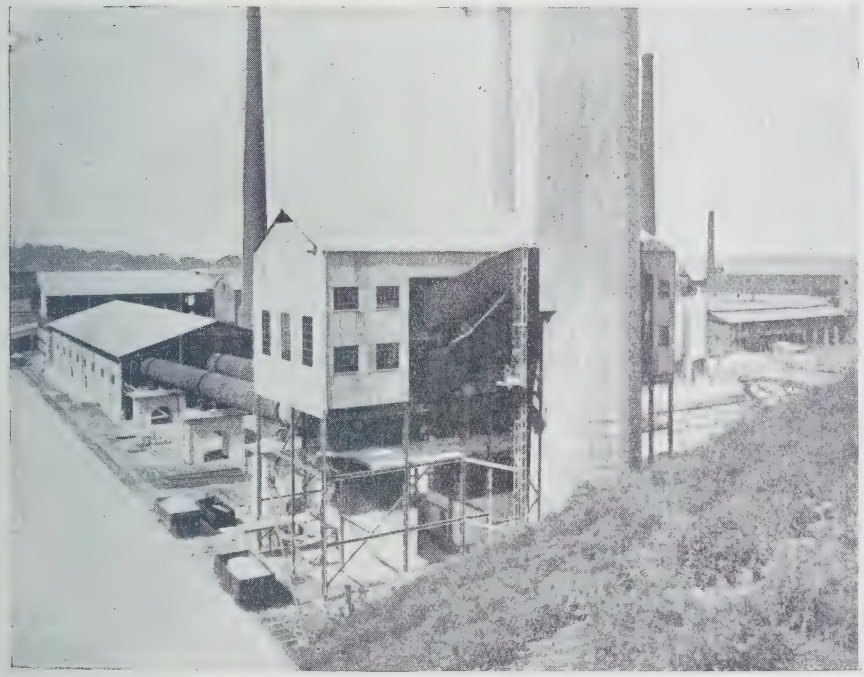
INGENIERO CONSULTOR
Y MINERALOGISTEO

WESTMOOR LABORATORY,

P.O. Box 61.

CHATTERIS - - ENGLAND

BLOQUES DE ALTO CONTENIDO EN ALUMINA.



SWANSCOMBE CEMENT WORKS, INGLATERRA
(ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.)

Los Hornos Rotativos en esta fábrica están revestidos, en las zonas de calcinación, con **BLOQUES CURTIS DE ALTO CONTENIDO EN ALUMINA.**

Los bloques curtis son faciles de aplicar y de larga duración. No se desmorona ni se desagrefa la superficie cuando se calienta.

A todo del que los pida de enviaremos gratis una cantidad suficiente de bloques para un ensayo práctico al recibir los pormenores necesarios.

pasar a un transportador de tornillo. En el primer caso, hay máquinas envasadoras automáticas, que extraen el cemento de las tolvas de envasado; en cambio, en el segundo caso, se emplean envasadoras eléctricas "Miag."

La carga de los vagones de ferrocarril se efectúa en parte a mano y en parte por transportadores de correa. Para cargar camiones se han montado dispositivos especiales. Se han dispuesto colectores de polvo del tipo de tubos-filtros de aspiración, de capacidad suficiente. La fábrica posee también un taller de reparaciones, un laboratorio, y una central eléctrica, con turbina de vapor, cuadro y sub-centrales.

Una fábrica moderna de cemento Portland en la República Argentina.

En otoño de 1928 se puso en marcha la primera máquina de la nueva fábrica de cemento Portland "Loma Negra, S.A., Compañía Industrial Argentina," cerca de la pequeña ciudad de Olavarría, de la República Argentina, a unos 150 kms. de Buenos Aires. Esta fábrica, que actualmente produce unas 200 toneladas diarias de cemento, puede incluirse entre las fábricas de cemento Portland más modernas y económicas montadas durante los últimos años. La idea predominante al realizar el proyecto de la maquinaria fué de incluir en una misma máquina diversas fases del trabajo, a fin de economizar mano de obra y coste de producción. Esto queda probado, por ejemplo, por el hecho de que los molinos de crudo y de cemento tienen el mismo diámetro de 2 m., y, por lo tanto, son semejantes en todos sentidos. De esta manera se obtiene una simplificación del trabajo, además de la reducción del número de piezas de repuesto necesarias. Es de interés advertir que hay pocas transmisiones por correa, funcionando la mayoría de las máquinas grandes accionadas por motores eléctricos independientes. La mayor parte de la fábrica está instalada en dos alas de un edificio de estructura de acero, de unos 200 m. de largo.

Como las primeras materias son muy adecuadas para la vía húmeda, y se dispone de suficiente cantidad de agua, se ha escogido el proceso de pasta espesa. Las primeras materias (caliza y arcilla) se extraen, mediante excavadoras montadas sobre orugas, de unos yacimientos situados a unos cuantos centenares de metros de la fábrica. El material se transporta a la instalación trituradora en vagonetas volquetes de una capacidad de 1 m^3, arrastradas por locomotoras. Las vagonetas vuelcan la caliza y la arcilla sobre un emparrillado que alimenta una trituradora Z. Esta trituradora Z puede moler normalmente unas 30 toneladas de primeras materias por hora; funciona según el conocido principio del molino de martillos, pero con una producción mucho mayor. El material se reduce a un tamaño de unos 2 cms., para la alimentación del molino. Parte de la arcilla se reduce a pasta en un molino desleidor del tipo de agitadores, y luego corre por un conducto a un doble impulsor que, por medio de aire comprimido, impele el material a unos depósitos situados encima los molinos de crudo.

Cada uno de los mencionados aparatos está compuesto de dos impulsores, que trabajan alternativamente. Por medio de un dispositivo regulador automático, uno de los impulsores está llenándose de pasta, mientras que el otro se vacia por acción del aire comprimido, siendo impelida la pasta por las tuberías. La ventaja del doble compresor es que no se pone en contacto con la pasta ninguna pieza mecánica delicada o reguladora, y, por lo tanto, es imposible el paro por razón de atascamiento.

Actualmente, la molturación del crudo se realiza en un molino " Solo " de tres cámaras, con un diámetro de 2 m., y una longitud de 13 m. La caliza y arcilla machacadas en la trituradora Z se elevan mediante un elevador inclinado hasta los silos situados encima del molino de crudo. Entonces se introduce el material en el molino en cantidades que pueden ser dosificadas exactamente por medio de un alimentador de mesa rotatoria. La mezcla de caliza y arcilla se muele, transformándose en pasta, en una sola operación continua. El proceso de molturación se realiza por etapas, en las tres distintas cámaras del horno, que contienen elementos molturadores distintos. La pasta finamente molida pasa del molino a un doble impulsor, que la impele hacia tres depósitos de reserva y mezclado, de un diámetro de 7 m. por 12 m. de altura. En ellos tiene lugar la homogeneización final, mediante un aparato mezclador de pasta automático neumático. La corriente de aire comprimido se regula por una válvula " Regulex " patentada, de forma tal, que después de un determinado período de mezclado en un depósito, la corriente de aire es conectada automáticamente con otro depósito. Puede omitirse un depósito, si es preciso. La pasta espesa corre desde el depósito mezclador a un impulsor doble, que la impele a silos situados sobre el horno rotatorio.

La sala de hornos rotatorios comprende un horno " Solo " de 68 m. de largo por 2.75/3.65 m. de diámetro, que produce unas 200 toneladas de clinker al dia. La característica saliente del horno " Solo " es que no solamente se engloban en una máquina la desecación, calcinación y cocción de la pasta, sino que también tiene lugar en ella el enfriamiento del clinker. La zona ampliada de clinkerización permite un proceso de clinkerización regular y continuo. Como el enfriamiento del clinker tiene lugar en una zona de refrigeración que forma parte del mismo horno, toda la instalación puede construirse sobre el nivel del suelo, evitándose de esta forma escalones y plataformas, y pudiendo inspeccionarse fácilmente la sala del horno " Solo." La envolvente del horno se apoya por sus aros sobre seis pares de rodillos, montados sobre cojinetes refrigerados con agua y equipados con lubricación automética. El horno es accionado por un motor regulable acoplado directamente, mediante la transmisión elástica patentada " Pol," que trabaja de modo satisfactorio y seguro. Hay dispositivos especiales que realizan el calentamiento previo del aire de combustión y la transmisión de calor desde el clinker al aire. La combustión en el horno " Solo " se hace por petróleo, que se inyecta en un chorro graduable en el horno. Para la vigilancia exacta del proceso de cocción se han dispuesto distintos instrumentos de medida y control, tales como el indicador de tiro, pirómetro, analizador de los gases de la chimenea, etc.

El clinker, desde el horno, es conducido en transportadores de sacudidas y elevadores hasta el almacén de clinker. Después de pasar por máquinas

pesadoras automáticas, el clinker pasa a dos transportadores " Polo " que corren por encima del almacén. En éste, el clinker puede ser vertido por aquéllos en varios puntos diferentes. El piso del almacén de clinker posee 17 dispositivos vaciadores, por medio de los cuales el clinker puede salir del almacén mediante dos transportadores subterráneos. El clinker se sube entonces por un elevador vertical hasta unos silos situados sobre los molinos de cemento. Desde ellos, el clinker, con la debida adición de yeso, pasa a un molino " Solo " de tres cámaras, con un diámetro de 2 m. por 12 m. de largo. Hay unas bombas neumáticas que transportan el cemento a los depósitos, formados por diez silos de hormigón. Varios transportadores y elevadores permiten su mezcla y el rellenado de los silos de almacenaje. Se ha instalado una máquina pesadora para contrastar la cantidad que pasa al almacén. Para el ensacado automático y envasado de barriles se han dispuesto máquinas adecuadas.

Una instalación colectora de polvo de amplias dimensiones asegura el funcionamiento de la fábrica casi sin polvo. La fábrica tiene un apartadero de ferrocarril, para el transporte del combustible, de la piedra de yeso, y para lo que convenga, además de servir también para el embarque del cemento. Actualmente se están realizando ampliaciones para poder duplicar la producción presente. La instalación mecánica de esta fábrica ha sido suministrada por la casa G. Polysius, A.G., de Dessau, que se encargó también de proyectar y organizar la fábrica.

Fig. 1 (véase pág. 85) vista general de la fábrica; fig. 2 (véase pág. 86) machacadora de primeras materias; fig. 3 (véase pág. 87) molino " solo " de tres cámaras, para la molturación del crudo; fig. 4 (véase pág. 88) horno " Solo " para la cocción del cemento.

Recientes fábricas Europeas de cemento.

Reproducimos fotografías de algunas fábricas modernas de cemento, recientemente instaladas en Europa por Fellner & Ziegler. La fig. 1 (véase pág. 90), es una vista general de la gran fábrica moderna de la Königshofer Zementfabrik, de Königshof, Checo-Eslovaquia. Los hornos, que se cuentan en número de tres, tienen zonas de calcinación ensanchadas, dos de los hornos se ven en la fig. 2 (pág. 90). Las machacadoras de tres compartimientos tienen 13 m. de largo por 2.2 m. de diámetro (fig. 3, véase pág. 91). Los molinos combinados son accionados centralmente por el reductor especial de engranajes reproducido en la fig. 4 (véase pág. 91).

Una de las más recientes instalaciones del territorio del Rhin está reproducida en la fig. 5 (véase pág. 92). Los hornos tienen 50 m. de largo por 3 m. de diámetro, y están provistos de zonas de calcinación ensanchadas.

En la fig. 6 (véase pág. 91) se da la planta de una fábrica que se está instalando actualmente para trabajar por la vía húmeda. El cobertizo de almacenaje, de unos 100 m. de largo, está destinado al almacenaje de clinker, carbón y piedra de yeso, y en él se trabaja por medio de grúas-puente con cuchara prensora. Los silos de las machacadoras se llenan directamente por medio de las grúas.

666.05
CEMA

UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY-CHEMISTRY

VOLUME 3. NUMBER 2. FEBRUARY 1930

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
THE INTERNATIONAL FOUR-LANGUAGE CEMENT JOURNAL
MANAGING EDITOR: H. L. CHILDE. CONSULTING TECHNICAL EDITOR: S. G. S. PANISSET.

ENGLISH SECTION

PUBLISHED BY CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Published on the 20th of each Month. Price 2s. a copy. Annual Subscription 24s. post free.

PARTIE FRANÇAISE	PAGE 317
DEUTSCHER TEIL	SEITE 345
SECCIÓN ESPAÑOL	PÁG 373

Cement Past and Present.

By D. B. BUTLER, Assoc.M.Inst.C.E., F.C.S.

IT may be stated with every confidence, that in no other industry have such marked strides been made in recent years as in that of Portland cement alike in this country and abroad; this applies both to the methods of manufacture and to the quality of the product, but more especially to the latter. Improvements in methods of manufacture have been chiefly in the matter of better control of the proportions of raw materials used; their more perfect mechanical amalgamation; more even and perfect chemical combination, by calcination, of the already mechanically mixed raw ingredients; and last, but by no means least, better and more thorough pulverization of the finished product. Apart from the tendency to instal larger units of every kind, which in itself tends to economy, there has been further elimination of manual labour. This applies more particularly to the " getting " of the raw materials and their subsequent handling en route to the mixing mills, and also in packing and conveying the finished product to the consumer. The most modern installations are now so completely " mechanized " that further economies in this direction appear to be almost an impossibility.

For comparison with present-day " mechanized " cement factories, it may be of interest briefly to summarize the processes obtaining when the writer first became interested in the British cement industry some fifty years ago. In those days chalk and clay were about the only sources of raw material available, with the exception of one or two factories in the Rugby district using limestone and shale. Chalk and clay were then " got " entirely by hand, and measured into the washmill by wheelbarrow; from the washmill the slurry passed into settling

backs, whence it was subsequently dug out and wheeled on to drying floors, which were heated by coking ovens. From the drying floor, the dried slurry was wheeled to bottle kilns or intermittent vertical kilns, and loaded into them by hand, with alternate layers of coke, also wheeled to the kiln from a nearby dump. The clinker was drawn from the kiln by hand, and wheeled to the crusher; the finished cement was filled with a shovel into the sacks or barrels, and the latter wheeled to the railway truck or barge. It needs no great effort of imagination to appreciate the manual labour required in a cement factory of the early 'eighties.

Turning to improvements in the quality of the product, it is only necessary to compare the requirements of the first British Standard Specification for Portland Cement (issued in 1904) with the fifth revision issued twenty-one years later to appreciate the strides that have been made in this direction. Below is given in tabular form the chief figures (i.e. fineness of grinding and tensile strength) of the original Specification, and of the five subsequent revisions; the other items of setting time, soundness, and chemical composition have remained much about the same throughout:

	FINENESS OF GRINDING.		TENSILE STRENGTH PER SQ. INCH.			
			Neat Cement.		3 : 1 Sand-Cement Mortar.	
	Per cent. of Residue on—		Days		Days	
	180 Sieve.	76 Sieve.	7	28	7	28
1904 (1st Issue) ...	22.5	3.0	400 lbs.	500 lbs.	120 lbs.	225 lbs.
1907 (1st Revision) ...	18.0	3.0	400 ,,	500 ,,	120 ,,	250 ,,
1910 (2nd ,,) ...	18.0	3.0	400 ,,	500 ,,	150 ,,	250 ,,
1915 (3rd ,,) ...	14.0	1.0	450 ,,	538 ,,	200 ,,	250 ,,
1920 (4th ,,) ...	14.0	1.0	450 ,,	538 ,,	200 ,,	250 ,,
1925 (5th ,,) ...	10.0	1.0	600 ,,	—	325 ,,	355 ,,

It will be noted that during the past twenty-one years the requirements as regards tensile strength at seven days of the neat cement have been increased by 50 per cent., while the tensile strength of the 3 : 1 sand-cement mortar, which is the truer indication of cementitious value, has been increased by more than 170 per cent.; the requirements as regards pulverization also show a marked improvement, the residue on the 180 sieve being reduced by 55 per cent.

The British Standard Specification reflects, or should do, the average quality of the product for the period during which it is in force. This may have been true of pre-war or war-time periods, but such continual and rapid improvements in quality took place soon after the war that the Specification of 1920 was very far below the average strength of the world product of a year or two later, and the revision of 1925, with its considerably stiffened requirements, was considerably overdue. The same remark would now seem to apply to a more or less extent to the 1925 edition, the requirements of which are considerably below the average of present-day Portland cement, both as regards the British product and that of other cement-producing countries of the world. Judging from the British and foreign material daily passing through the writer's hands for testing purposes the average 7-days tensile strength of the world product is now well above 800 lbs. per square inch with the neat cement, and 400 lbs. with 3 : 1 sand-cement mortar; it would therefore seem that the requirements of the British Standard Specification might again be stiffened with advantage. As regards fineness of grinding also, although cements made in some other

countries are scarcely so well ground as British, the average product of British factories rarely has a residue as high as 5 per cent. on the 180 sieve, and therefore the present British Standard Specification figure of 10 per cent. might be reduced to 7.5 per cent. and still leave a considerable margin above the average.

It need hardly be mentioned that the most striking development of recent years has been the introduction of rapid hardening cement. M. Bied, a well-known French cement chemist, searching for a cement that would withstand the attack of sulphur-impregnated waters, which are fatal to ordinary Portland cement, succeeding in producing by special methods of manufacture a highly aluminous cement which achieved that object, and which at the same time was found to possess very marked rapid hardening properties compared with ordinary Portland cement. Broadly speaking it attained in a few hours a considerably greater strength than the ordinary Portland cement of that day developed in 28 days. Although this rapid-hardening aluminous cement had been in use in France for some time previously, it was first brought to the writer's notice in 1922. Although it was, and still is, considerably more expensive than Portland cement—in fact about double the price—for work of an urgent nature its rapid hardening properties easily outweighed the extra cost. A firm of English manufacturers, with commendable foresight and energy, promptly set to work to produce a rapid hardening Portland cement which would in some degree compete with the newcomer. In this they were eventually completely successful, and now rapid-hardening Portland cement is available for the user which, except for the first 24 hours or so, develops practically the same rapid hardening properties as aluminous cement. The originators of both types of rapid-hardening cement have since had many imitators, both in the country of origin and elsewhere, but the imitators of aluminous cement are somewhat handicapped by the fact that the particular raw material necessary for its manufacture is at present rather limited, and is only to be found in a few particular districts; rapid-hardening Portland cement, on the other hand, can be made from practically any raw materials from which ordinary Portland cement is produced, and therefore a great many Portland cement manufacturers throughout the world now produce rapid-hardening Portland cement almost as a matter of course.

The outstanding feature of rapid-hardening Portland cement as at present manufactured in England is its extreme fineness of grinding; many samples recently submitted to the writer for testing purposes have been so finely pulverized as to leave less than $\frac{1}{2}$ per cent. residue on a 180×180 sieve. This suggests that the 180×180 sieve is not fine enough accurately to represent the degree of pulverization to which the cement has been subjected; it is quite conceivable that two different cements may leave the same fractional percentage of residue on the 180 sieve and yet possess quite different percentages of impalpable powder or flour, which is generally accepted as the essential part of the cement as regards its cementitious value. The same point arose some forty years ago when the 50×50 sieve was the controlling factor as regards fineness of grinding, and 10 per cent. residue on that sieve was considered a well-ground cement. At that time edge-runner mills were beginning to replace millstones for cement grinding. It was sometimes found that two cements might leave the same residue on the 50 sieve, and yet one consist practically of all fine grit just fine enough to pass the sieve with practically no flour, while the other was efficiently pulverized; the difference in cementitious value of the two materials as indicated by the sand test was, of course, very marked. It is therefore possible that the same conditions may apply to a certain extent with the present-day 180 sieve, i.e. one cement may consist chiefly of grit just fine enough to pass the 180 sieve,

while the other may be efficiently floured. There is no doubt that in this respect the determination of pulverization by sifting falls very far short of the ideal and may be altogether inaccurate. Some method of separation by air, or elutriation with a liquid, would probably give more comparable results, but here again everything would depend upon the exact force and direction of the current, whether of air or of fluid, acting upon the powder, and whatever apparatus were adopted it would require to be very carefully standardized before it could be accepted without reserve. One difficulty with air or liquid separators is that if the cement is in the least degree stale or air-set, they would give altogether erroneous results, since there would not be sufficient force in the current, either of air or liquid, to break up the coagulation and set free the flour. Examined under the microscope the sieve residue of a cement that is at all stale clearly shows particles of hydrated flour adhering to the coarse grit, and this would be another source of error. Broadly speaking, therefore, it would seem that the air or liquid method of flour determination is chiefly of value to the manufacturer in checking and controlling the efficiency of his pulverizing machinery; since he is always working with freshly-ground cement, inaccuracy due to the presence of air-set particles would not arise, and if the apparatus is set to a certain standard it affords important and valuable information as to whether his grinding machinery is working properly or not.

In conclusion, the writer would like to advocate the desirability of more uniform methods of testing in the great cement-producing and cement-using countries of the world. It is perhaps scarcely realized except by those who are frequently called upon to make tests of the same cement by the Government specifications of different countries what enormous differences in results, even with simple tensile tests, are caused by these different specifications. It therefore follows that before accepting contracts in another country the supplier must carefully inform himself how far the methods of carrying out the test in a foreign country would affect the figures specified; if he relied entirely on tests made by the method in vogue in the country of origin of the cement, he might experience the unpleasant surprise of having his consignment rejected on arrival.

EDITOR'S NOTE.

THE Editor of International "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE" invites readers of this journal to submit articles for publication. Manuscript may be submitted in English, French, German or Spanish, and will be translated into the other three languages by specialist translators.

Articles are invited on any new ideas or developments in the manufacture, chemistry or testing of cement, or allied subjects of general interest to the cement industry. Descriptions and illustrations of new cement plants in any part of the world are also invited. Liberal payment is made for suitable contributions.

Manufacturers of Cement-making Plant are also invited to submit information and illustrations relating to new plant developed by them and new installations of their plant.

Such matter should be addressed to: The Editor, "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, England.

The Rotary Kiln.

By A. C. DAVIS, M.Inst.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.
(*Works Managing Director, Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.*)

The modern rotary kiln now generally used in the manufacture of cement has indeed revolutionised the industry, and is the most scientific and practically efficient burning process that has yet been introduced in the manufacture since Portland cement was first known.

The rotary kiln is in general use in England and every other country, and it has been said that this kiln is the only invention of importance in the manufacture since the introduction of the ball and tubemills for grinding. That further improvements in the manufacture of Portland cement are occurring and will occur, however, goes without saying, for even with the use of the rotary kiln the manufacture is a technical and expensive process involving heavy capital outlay, high cost of production, and continuous plant upkeep. With the present kilns there is certainly a demand for more fuel economy, to say

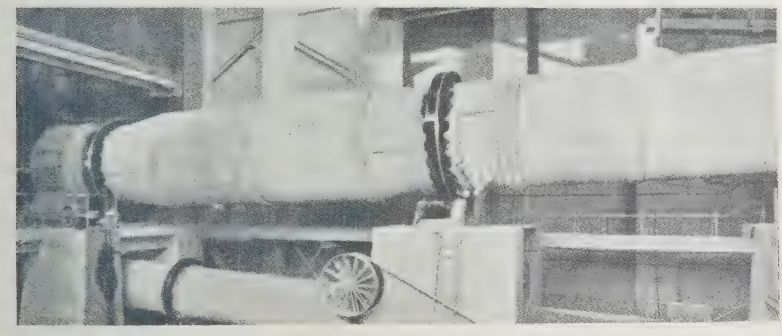


Fig. 1.—Rotary Kiln with Enlarged Burning Zone.

nothing of other improvements which will no doubt be introduced as experience proves the necessity and time gives the opportunity.

More than 90 per cent. of the cement manufactured in the United States is produced by the rotary kiln, and in most of the works in England this kiln only is adopted. Many obsolete factories have installed the rotary kiln for cement burning, and all new works adopt this process. Although a comparatively recent development in cement manufacture, enough has been seen of rotary cement, both in science and practice, to declare it to be the product of the future. To advocate the use of rotary cement is therefore unnecessary, since all that science can bring to prove its quality, and all that practice can offer to show its superiority, so effectually establish its claim for preference that we may say, without fear of contradiction, rotary cement now holds the field.

The product from the rotary kiln has a distinct advantage in quality both for tensile strength and freedom from any tendency to expansion. This is only to be expected, however, for apart from its economy in working the great advantage of this kiln is that the process of calcination is in full view of the operator and can be controlled by him with exactness. By altering the rotating

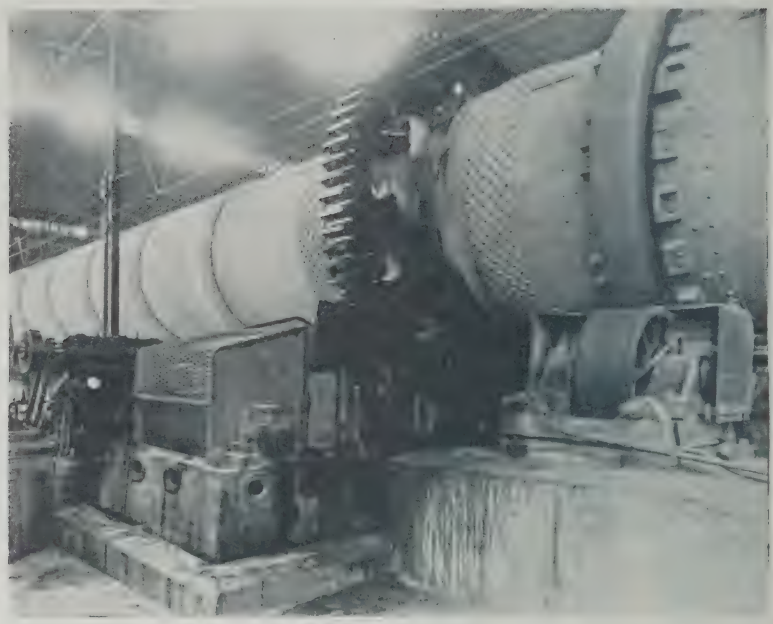


Fig. 2.—Rotary Kiln Driving Gear.

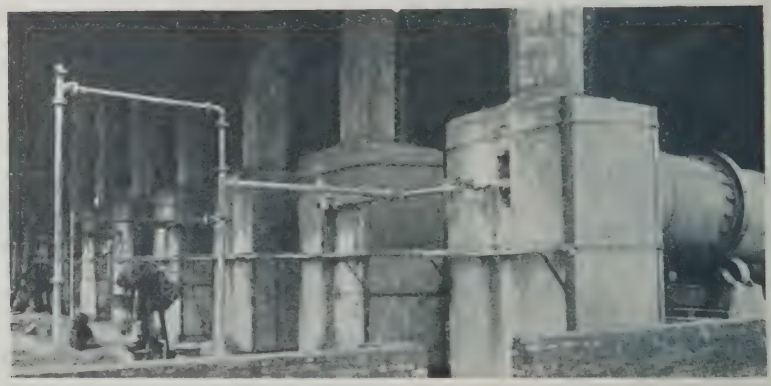


Fig. 3.—Early Form of Slurry Feed to Rotary Kilns.

speed of the cylinder, by decreasing or increasing the feed of the raw mixture, or by varying the force of the coal blast and the quantity of fuel, the burner is able to regulate the operation of burning to any desired degree. With the old-fashioned intermittent kiln no such adjunct was possible, for when once the kiln was charged and fired the calcining proceeded automatically for better or worse, and the product from the kiln had to take its chance.

The rotary kiln as applied to cement burning consists of a slightly inclined cylindrical tube in steel plates about $\frac{3}{4}$ in. thick. The length ranges from 100 ft. to 400 ft., and the diameter from 6 ft. to 12 ft., according to the output required from the kiln. Table I gives the dimensions and approximate outputs of a number of typical kilns in use to-day on the wet process:

Table I.

						Tons per hour.
100 ft.	length by	6 ft. 0 in.	diameter	approximate	output ...	2
150 ft.	,,	7 ft. 6 in.	,,	,,	,, ...	$4\frac{1}{2}$
200 ft.	,,	9 ft. 0 in.	,,	,,	,, ...	8
230 ft.	,,	9 ft. 6 in.	,,	,,	,, ...	9
250 ft.	,,	11 ft. 0 in.	,,	,,	,, ...	15

The diameters given in this table are those of the greater part of the length of the kilns, but in addition nearly all modern kilns have an enlarged burning zone with a diameter of 1 ft. or 2 ft. greater than the rest of the kiln (Fig. 1). These diameter dimensions are exclusive of an average firebrick thickness of 6 in. running throughout the length of the kiln.

The long cylinder is inclined to the horizontal about 1 in 25 or 30, and is mounted by four or five sets of tyres (according to length) which run on heavy rollers, and the kiln is slowly rotated by a train of gear wheels at a speed of 1 to 2 minutes per revolution (Fig. 2). At the point of the kiln where the tyres and gearing are fitted the tube is reinforced by additional plating.

The cement-making materials are continuously fed into the rotary kiln through a pipe at the upper end (Fig. 3) in the form of either slurry or dry powder, according to the process adopted in preparing and mixing the raw materials, and travel by gravity from one end of the kiln to the other. Slurry sprays or lifters are fitted to spread the raw materials on entering the kiln and when meeting the hot gases. In England finely ground coal is used as fuel, and this is introduced into the lower or outlet end of the kiln by a jet of air issuing from a blast fan.

When the kiln is started the fine coal is ignited and a white heat is obtained in the lower end of the cylinder. The raw material is then fed into the kiln, and as it gradually descends into the zone of heat generated by the perfect combustion of the finely-ground coal fed into the cylinder from the opposite end, it parts with any water that may be present, becomes heated to redness as it approaches the centre of the cylinder, loses its carbonic acid, forms little rounded balls which reach a nearly white heat in the lower end, and finally issues as well-burned clinker in grains about the size of a large pea. The greatest heat is naturally near the fuel jet, or outlet end of the kiln.

The proportionate dimensions of the rotary kiln have been the subject of discussion throughout the history of the kiln. The early kilns were of the same diameter throughout their length, but in the first decade of the century the designs were modified. First, the " slurry end " was enlarged (Fig. 4),

and, second, a length of 20 or 30 ft. in the hotter end of the kiln, known as the " burning zone," was enlarged in diameter by 12 or 18 inches (Fig. 1). The objects of this enlargement were two-fold: first to provide a larger space for what was thought to require the greatest amount of room, namely, the drying of the raw materials, and second to increase the output of clinker and mitigate the evil arising from clinker rings. Clinker rings are accumulations of clinkered material upon the firebrick lining of the kilns which steadily gather, in some cases to a thickness of 1 ft. or 2 ft. and finally to such a degree that the material can no longer gravitate down the kiln, and the operation of the kiln has to be stopped. The larger the diameter of the burning zone the more space was available for clinker rings if they formed, and the less hindrance these rings presented to continuity of running. The enlarged burning zone has persisted in rotary kiln design until the present day, and the tendency now is to make it 2 ft. greater in diameter than the remainder of the kiln.

During the last few years, enlargement of what is called the " calcining

Fig. 4.—Early Rotary Kilns with Enlarged Slurry Ends.

zone " has been recommended in some quarters and is actually practised (Fig. 5). The object of this enlargement is to provide additional space for what is now agreed to be the severest part of the operation in a rotary kiln, namely, the decomposition of carbonate of lime. This is an operation that requires a minimum temperature of about 1,500 deg. F. and absorbs a very considerable amount of heat, indeed far more than is absorbed in the clinkering operation. The calcining zone is situate next to the burning zone and almost in the middle of the kiln. There has been some sort of compromise between the adherents of the enlarged burning zone and those of the enlarged calcining zone, which has resulted in an unusually long enlarged zone which is a partly burning and partly calcining zone.

The idea that the drying zone of the kiln is one calling for additional space has been recently revived and some kilns have again been designed with enlarged slurry ends, *i.e.*, the upper end of the kiln into which the slurry is fed. In the early years of rotary-kiln development the designers concentrated

upon output more than upon heat efficiency, but of late years more attention has been given to improvement in heat efficiency as well as output.

Dealing with the developments of the rotary kiln in general, it will be obvious that the larger the kiln the less the labour cost per ton of output, because a rotary-kiln attendant can attend to two or even three kilns with a combined output of 30 tons per hour, while a single kiln of only two or three tons per hour requires the same amount of personal attendance.

Clinker Coolers.

The red hot clinker from the rotary kiln is economically cooled in such a way that the air heated by this cooling can be utilised for combustion. The

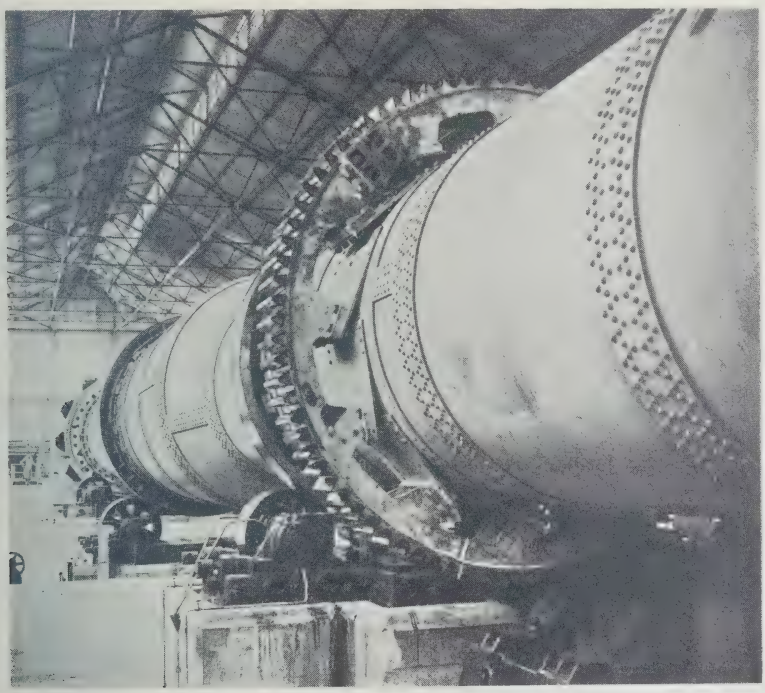


Fig. 5.—Rotary Kiln with Enlarged Calcining Zone.

older rotary kilns are arranged with coolers immediately below them, and the clinker falls direct from the kiln into the cooler (Figs. 6 and 7). Clinker coolers are cylindrical tubes similar to rotary kilns, but a good deal smaller in dimensions (Fig. 8). They are gear driven, as are the kilns, and the hotter ends are brick lined, while the lower half is generally lined with iron plates and is equipped with lifters (Fig. 9) which carry the hot clinker up the side of the cooler and cascade it through a current of air which is passing in an opposite direction to that of the clinker and is on its way to provide the air for combustion needed in the rotary kiln. During the last few years the integral cooler has been developed. This is, in its simplest form, an elongation of the rotary kiln, and in use, when this lower part of the rotary kiln acts

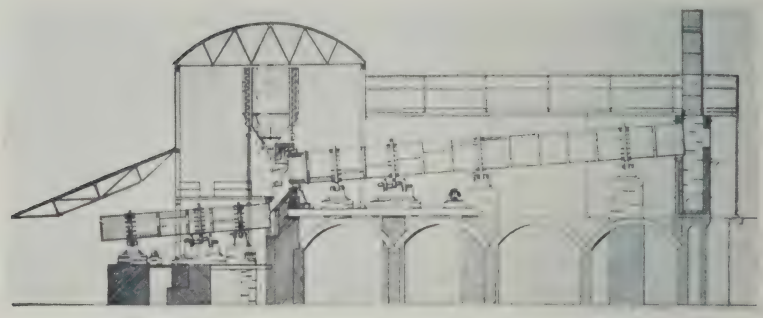


Fig. 6.—Section of Early Rotary Kiln Plant with Cooler below.

Fig. 7.—Rotary Kilns with Separate Coolers below.

as a cooler, the pipe carrying the air blast and coal is lengthened to 20 ft. or thereabouts and combustion does not begin until 20 ft. up the kiln, thus permitting the lower portion to be entirely a cooling arrangement.

This type of cooler has advantages both in first cost and in efficiency because it permits the rotary kiln to be erected on ground level instead of having to be elevated a sufficient distance to provide for a rotary cooler beneath it. Moreover, the heat radiation losses which occur between the end of a rotary kiln and the end of the cooler through what are known as the kiln hood, the clinker chute, and the cooler hood are entirely avoided by the use of the integral cooler. The integral cooler has been developed by some kiln designers in the direction of providing a number of subsidiary tubes for cooling, arranged around the circumference of the rotary kiln shell (Fig. 10); it is probable that finality in the design of this type of cooler has not yet been

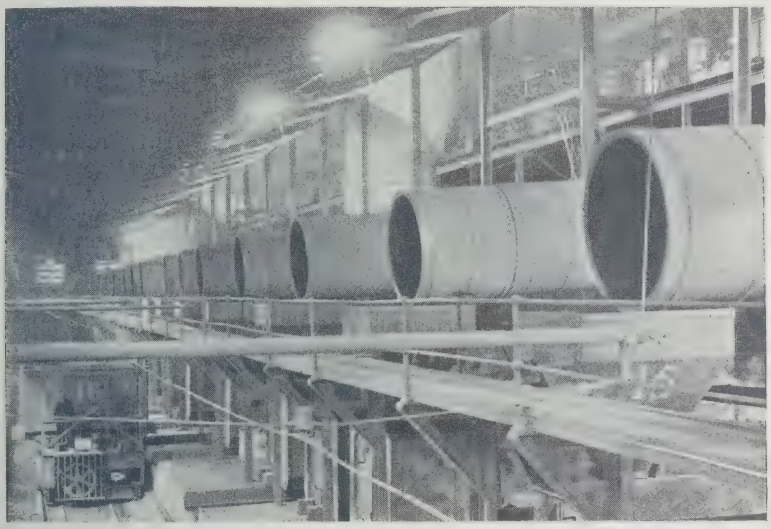


Fig. 8.—Discharge End of Early Type of Clinker Coolers.

reached, although at the same time it seems likely that the separate cooler will not be embodied in new kilns and is now obsolete.

Referring again to the separate coolers, which of course form the majority of those in existence to-day, there has been much discussion as to whether the air required for cooling the clinker should be drawn through the cooler and subsequently into the kiln by the induced draught of the kiln chimney, or whether such air should be forced up the cooler and into the kiln by a fan (Fig. 11). The advocates of the latter claim that it gives better control of the air supply, although it admittedly consumes power which is not used when the chimney alone is relied upon.

The clinker enters the cooler at a temperature of about 2,000 deg. F., and an efficient cooler will deliver it at a temperature at which it can be handled while at the same time heating the air for combustion to about 700 deg. F. When it is remembered that the amount of heat in the clinker leaving the kiln

is equivalent to about 5 lbs. of coal per 100 lbs. of clinker, it will be realised that the heat recovery in clinker coolers is of considerable importance to heat efficiency.

Rotary kilns as a whole cannot be claimed to be scientifically economical in fuel consumption, because from 24 to 26 lbs. of coal (dry coal of 12,600 B.T.U.'s per lb.) are consumed per 100 lbs. of clinker, and this compares with 15 to 20 lbs. of coal consumed in shaft kilns. On the other hand, rotary kilns possess a preponderating advantage in labour cost compared with the shaft

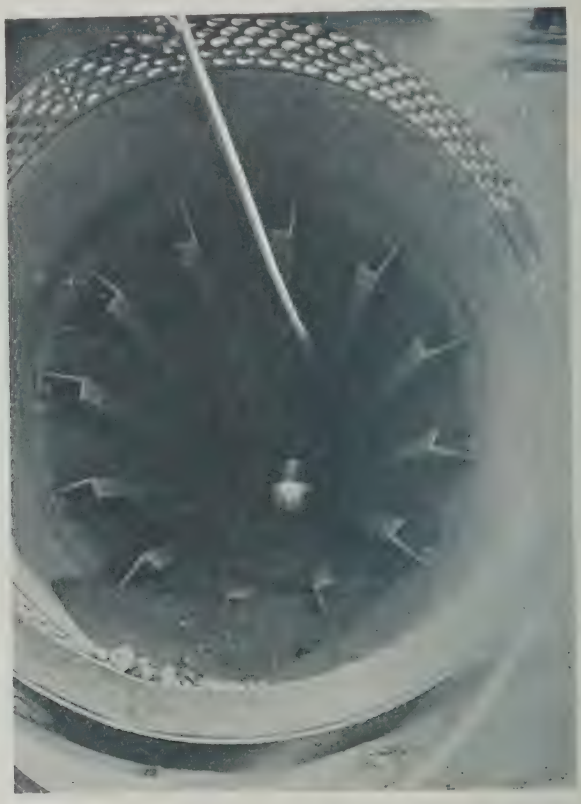


Fig. 9.—Interior View of Rotary Clinker Cooler showing Lifters.

kiln, and it is also much easier to produce high-quality cement in the rotary kiln than in the shaft kiln.

Rotary Kiln Lining.

Rotary kilns were first introduced as a commercial proposition at the end of last century and the early difficulties were very largely confined to the lining of such kilns. The maximum temperature reached in rotary kilns approaches 3,000 deg. F., and this in itself demands a very refractory brick, but in addition to this temperature there is the mechanical attrition caused by the flow of the clinker over the surface of the brick, and, what is more destructive still, the

fluxing action between the basic cement clinker and acid bricks. This fluxing action involves the formation of compounds of lime (derived from the cement) and silica and alumina derived from the firebrick, which melt at a temperature not much over 2,000 deg. F., so that if the fluxing action is not prevented a firebrick lining (of the acid type) in a rotary kiln will not endure many days. It therefore became necessary to develop a technique of coating the lining with a layer of cement clinker while the kiln was running, and to train the early attendants of the rotary kiln in the practice of this operation. It was discovered that so long as a coating of 2 in. or 3 in. of clinker could be collected on the firebrick lining no further fluxing occurred and the kiln could run for a considerable period without renewal of the lining. Each time

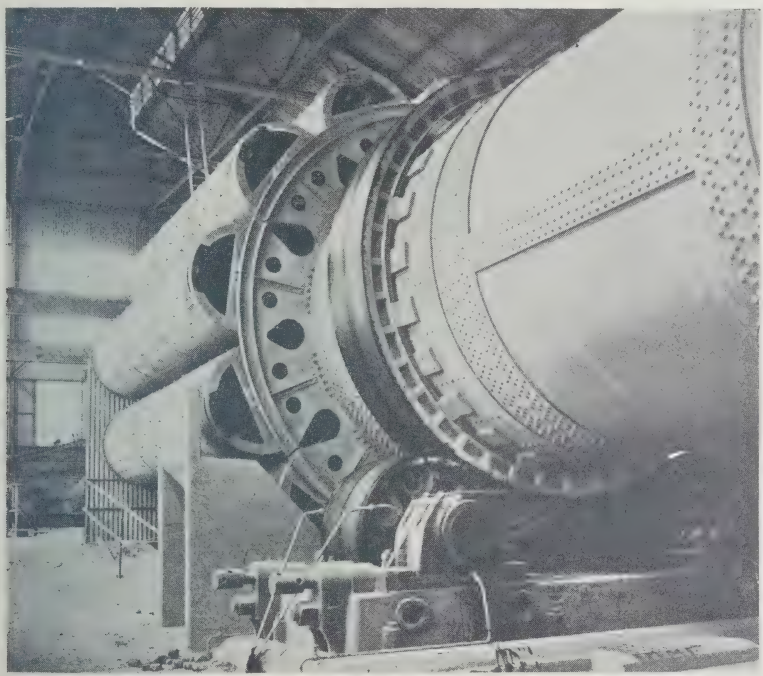


Fig. 10.—Rotary Kiln with "Integral" Cooler.

the kiln cooled down, however, this coating fell off and generally took with it a layer of the firebrick; thus owing to stoppages associated with mechanical troubles an average life of the lining in a rotary kiln burning zone was under six months when firebricks of the acid type were employed.

During the last few years, however, bricks containing from 60 per cent. to 70 per cent. of alumina have been employed in rotary-kiln burning-zones, and as such bricks are almost neutral in their chemical characteristics the fluxing action between them and cement clinker is very small; in consequence, rotary-kiln burning-zones lined with aluminous bricks should not require renewal in less than twelve months.

These aluminous bricks, sometimes known as bauxite bricks, are made from the natural mineral bauxite or other minerals of similar composition, and

require very hard burning. Suitable material is not found in England, so that either the raw material or the bricks themselves have to be imported, and this, in conjunction with the high degree of burning, renders them considerably more expensive than English firebricks, although experience has shown that the higher cost is fully justified by the longer life of the bricks in practice.

Magnesite bricks, composed very largely of magnesia, were also tried in the earlier days of the rotary kiln, but were not extensively adopted owing to their high price and a tendency to spall which decreased their life.

The need for special bricks in rotary kilns is confined to the burning zone only, say, one-quarter of the total length of the kiln; the remaining three-quarters of the length can well be lined with ordinary firebricks, because the temperature is not high enough in the upper parts of the kiln to attack the refractory nature of such bricks or to cause the fluxing action just described.

Fig. 11.—Clinker Cooler under Forced Draught.

The upper end of the kiln, which contains nothing more than wet or partially-dried slurry, is sometimes lined with concrete placed *in situ*, which is reported to be quite an adequate lining in this position.

Coal Firing.

As previously mentioned, the rotary kiln is heated by a flame produced by the ignition of finely-powdered coal. A fan is arranged near the hot end of the kiln to blow through a blast pipe of about 9-in. diameter, and into this pipe is fed the coal necessary for the heating (Fig. 12). The mixture of coal and air ignites shortly after leaving the pipe and forms a high-temperature flame. In some cases this coal-firing fan, as it is termed, is arranged to draw hot air from the clinker cooler; the mixture of hot air and coal thus entering the kiln ignites more quickly than would a mixture of cold air and coal and provides a hotter flame, while at the same time it helps to recover some of the heat from the cooling clinker. In other cases the coal-firing fan draws its

supply of air from the coal mill and the coal drier, and thus performs the necessary ventilation of these machines.

The Coal Mill.

For a powdered-coal flame to ignite quickly, as is required in a rotary kiln, it is necessary for the coal to be dry and finely ground, and this implies drying and grinding coal as it is received from the colliery.

Only a few years ago coal driers were considered necessary, and these usually

Fig. 12.—Firing End of Kiln, showing Coal Feed Pipe.

took the form of rotating drums 40 ft. long by 4 ft. diameter and upwards through which the coal passed and found its way through owing to the rotation. Hot air from the clinker cooler, or hot flue-gases from a specially-arranged furnace, passed outside the drum (which was housed in a brickwork chamber) and then through the middle of the drum (figs. 14 and 15), and the steam from the coal either went to the atmosphere or was drawn into the kiln by the kiln-firing fan. Owing to the necessity of avoiding the temperatures in the coal-drying drum getting sufficiently high to ignite the coal, coal drying by this means was a somewhat inefficient process, and the evaporation of water

per pound of coal rarely exceeded 2 lbs. From the drying drum the coal was passed to grinding mills, which were either of the tubemill variety described in connection with clinker grinding, or of the pendulum variety. From the coal mills the fine powder passed to silos or hoppers before being fed into the kiln.

Quick ignition of the coal in the kiln was known to be desirable, and one means of attaining this end was fine grinding. Of recent years self-contained single unit driers and pulverisers or grinding machines for coal have become popular (fig. 16). These machines take small coal as delivered from the colliery (without drying) and pulverise it and inject it into the rotary kiln; so that they perform the functions of the coal mill, coal drier, and coal firing fan which were necessary in the earlier installations. These pulverisers sometimes take the form of high-speed disintegrators with discs revolving on a horizontal spindle, while in other cases a combination of a small ball mill or tubemill and a cyclone

Fig. 13.—Interior of Rotary Kiln Fitted with Chain Lifters.

separator is adopted. In both cases it is necessary for hot air from the clinker cooler to be drawn through the mills to facilitate the grinding of wet coal. When a cyclone is used the bulk of the powdered coal is separated and can be collected in a hopper for storage. These machines have their limitations when dealing with very wet coal containing more than 10 per cent. of moisture, and they are not so well adapted for the fine grinding of coal which may be necessary when using certain classes of fuel.

Quality of Coal.

In a certain sense it is true to say that almost any quality of coal can be used for firing cement rotary kilns provided proper treatment is given to the coal before injection into the kilns. Generally speaking, however, the ideal coal for cement burning in rotary kilns, when cost is considered in conjunction with quality, would be one containing less than 5 per cent. of moisture, no

Fig. 14.—Rotary Coal Drier (during erection) showing Centre Tube.

more than 10 per cent. of ash, and with a minimum of 20 per cent. of volatile matter. Such a coal could be successfully used if ground to a residue of about 20 per cent. on the 180 sieve. There are cases, however, of the residue exceeding 30 per cent. on the 180 sieve with successful results, although in these cases the ash from the coarsely-ground coal may tend to collect in one region of the kiln and form clinker rings, and there may not be the rapidity of ignition which is valuable for heat efficiency. It would, however, be possible to use coal containing less than 20 per cent. of volatile matter provided the fineness of grinding had been carried to the necessary degree to permit of quick ignition,

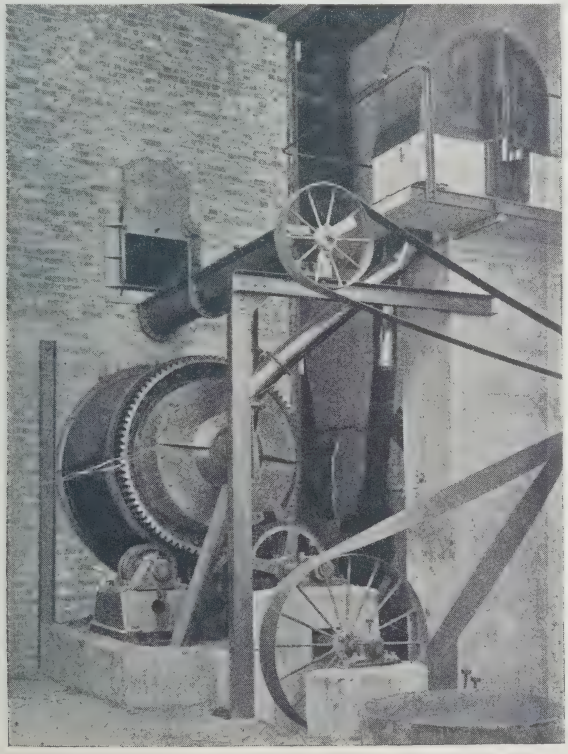


Fig. 15.—Feed End of Rotary Coal Drier.

and at some works the residue on the 180 sieve is as low as 5 per cent. It is a matter for consideration whether the power expended in such fine grinding is counter-balanced by the cheapness of the coal containing a low proportion of volatile matter. The percentage of ash in coal used in rotary kilns may, and does, vary over a considerable range, and rotary kilns have with success on occasions been fired with coal containing 25 per cent. of ash. It has to be realised, however, that much of the ash in the coal fired into rotary kilns mingles with the cement raw materials and alters the chemical composition, so that it is necessary for the chemist to adjust the chemical composition of

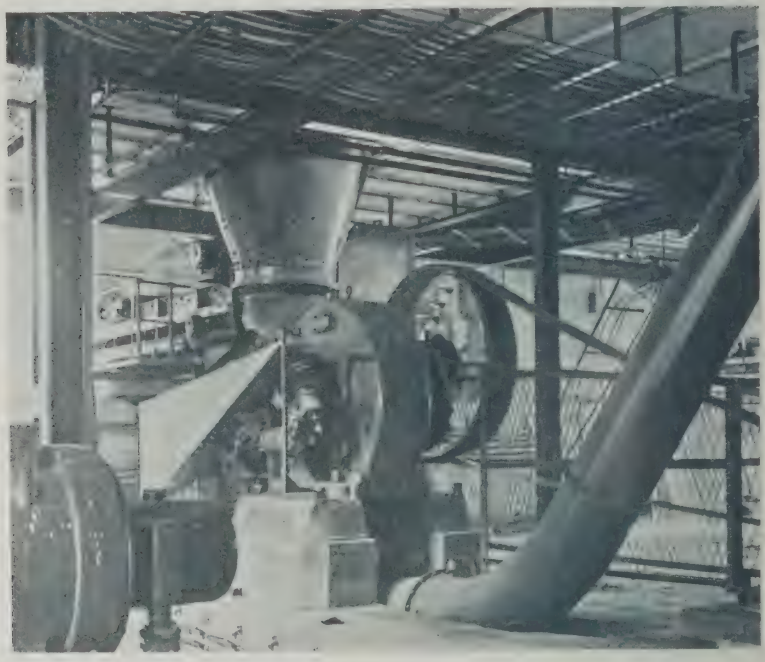


Fig. 16.—Single Unit Coal Drier and Pulverizer.

the mixed raw materials to meet the change in composition arising from admixture with coal ash.

Slurry Lifters.

Mention has been made of slurry lifters inside the feed end of a rotary kiln for the purpose of spreading the raw materials and getting more intimate contact between them and the hot gases passing up the kiln. In the wet process, unless an attempt is made to distribute the raw materials in this way by means of lifters or other devices, the gases leaving the kiln may reach a temperature of 1,000 deg. F., or even more, and this involves very considerable waste of heat. Hence a considerable amount of investigation has been done upon lifters of various designs for the purpose of distributing the slurry and causing intimate contact between it and the hot gases.

These lifters take the form of buckets attached to the inside of the kiln shell, or of star-shaped diaphragms occupying the cross-section of the kiln at the

slurry end, or of a single concentric tube or nests of tubes, and in recent years of festoons of chains (fig. 13) loosely suspended in the interior of the kiln. The type of slurry lifter employed has to be suitable for the nature of the slurry. With viscous slurries the lifter has to be of a very simple type, otherwise there is danger of the formation of accumulations of slurry " pug " which obstruct the draught through the kiln, while with more friable slurries more complicated lifters can be employed with advantage.

Well-designed slurry lifters are successful in keeping the temperature of the gases leaving the kiln down to about 450 deg. F. It will be realised that the installation of slurry lifters inside the kiln forms some obstruction to the passage of the hot gases through the kiln, and where the lifter system is complicated a fan will be needed to assist the gases in their passage through such system.

Although the rotary kiln has been used for nearly thirty years there is still no general agreement as to the technique of the burning operation. The nature of the flame employed can be varied very considerably by modifications of the burner pipe and its position, and of the proportions between the air entering the kiln through the burner pipe and the secondary air entering up the clinker chute. There are probably several ways of attaining the same end, but there is a notable improvement in the heat efficiency of rotary kilns to-day compared with those of five years ago. As a result kiln designers will now guarantee a maximum coal consumption of 24 per cent. based on clinker output with slurry containing not more than 40 per cent. of water, as compared with, say, 29 per cent. of coal and more with old type kilns.

Scientific Control of the Rotary Kiln.

In the initial stages of rotary kiln development the control was on a rule of thumb basis, but of late years scientific control of combustion has been introduced with considerable advantage to economy. It can now be claimed that in no industry is coal burnt with such perfect combustion as in well-controlled rotary cement kilns, because such kilns will issue the products of combustion with practically no excess of air and with no unconsumed coal.

To obtain such perfect combustion it is necessary to have constant analyses of the gases leaving the rotary kiln, and this is done by electrical instruments which take samples of the gas and record continuously the proportions of CO_2, oxygen, and CO. This enables the chemist to detect at once any imperfect combustion which can be remedied by adjustment of the air supply.

In the best of the rotary kilns in use there is a considerable loss of heat owing to the high temperature of the gases leaving the kiln, and here again a continuous temperature recorder is needed so that any avoidable waste can be prevented. A well-designed kiln will issue its gases at a temperature below 400 deg. F., while in some of the older kilns this temperature may reach 900 deg. F. and thus involve a loss of about five tons of coal per 100 tons of clinker when compared with the more efficient rotary kiln.

Another important item in heat efficiency is the control of the air supply, to ensure that as much as possible of the air required for combustion is previously heated by the clinker leaving the kiln, and control of this department demands the use of draught gauges to indicate the air flow. The aim of the rotary-kiln controller is to have a perfectly even feed of raw material and a perfectly even flow of coal and air into the kiln, so that no adjustments are needed and the output of perfectly-burned clinker at constant rate of production can be obtained. This ideal is, however, not attainable in practice owing to

variations in the rate of flow of material down the kiln and to variations in quality of the coal. Hence it becomes necessary to have facilities for adjustment; this can, of course, be done both with the rate of flow of raw material and the quality of coal, but the more commonly used means is the variation in the speed of the kiln, enabling the flow of material down the kiln to be retarded or accelerated as needed.

The loss of heat occasioned by the high temperature of the chimney gases has already been referred to, and probably the next most important loss is that by radiation from the surfaces of the kiln and the cooler. Such radiation is generally thought to be equivalent to about four tons of coal per 100 tons of clinker. Some attempts to minimise this loss have been made by insulating the shell of the kiln, usually by installing layers of heat-insulating material between the firebrick lining and the steel shell of the kiln In some cases the heat radiated from the shell of the kiln has been used for coal drying.

The improvements described in the design of the modern rotary kiln have thus been substantiated, and more progress with the economics of this kiln has been made during the past five years than through the previous decade of its use. Indeed, in economic and scientific cement manufacture the industry of the United Kingdom can compare with that of any other country in the world.

Canada Cement Company.

The report of the Canada Cement Company for the year ended November 30, 1929, states that sales of cement have been larger in practically all districts. This has enabled plants to operate more continuously, and has resulted in some operating economies. Improvement in this respect has been the greatest in the west and has enabled a reduction in price throughout that district. Prices in other districts have remained at practically the same level as last year. Export business is still handicapped by lower labour costs and lower ocean freight rates of European competitors, and remains about the same as for several years past. The net income for the year amounted to £324,000 compared with £282.800 for the preceding fiscal year.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Subscription Rates.

Owing to the very greatly increased cost of production of "Cement and Cement Manufacture" in its new form, it has been necessary to increase the price to 2/- a copy. The annual subscription rate (including postage anywhere in the world) is 24/-. Present subscribers on our pre-paid subscription list will continue to receive copies at the former rate until their present subscriptions expire.

Annual subscriptions should be sent to "Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, London, S.W.1., England, when copies will be posted regularly each month for the duration of the subscription.

Cement "Complaints."—I.

An Analysis of Investigations.

By H. A. HOLT.

The diagnosis of causes of failure in concrete sometimes demands great powers of imagination on the part of the investigator. The idea seems still to persist that provided cement is present, no matter how small a proportion, the nature of the remaining ingredients is of no importance so long as sufficient bulking is procured. The excellence of modern Portland cement is to some degree responsible for the fostering of this idea, since it is sometimes sufficiently strong to overcome the deleterious influence of poor aggregates and inferior workmanship; it carries the concrete by itself, and perhaps just enables it to pass a loose specification. Such concrete is unsatisfactory and is seldom economical in the long run.

These cases are, of course, far in the minority. The standard of excellence of concrete made in this country is steadily rising as architects and engineers appreciate the importance of such matters as the careful selection of aggregate and sand and the control of mixing water and curing methods, and they are increasingly introducing clauses covering these essentials in their specifications.

The results of laboratory examinations and analyses on many samples of defective concrete have shown numerous separate and distinct faults, any of which may have caused failure. In 47 out of 400 samples examined the cause of failure could not be found. Some 629 potential causes of failure were found in 353 samples of defective concrete, indicating that in the vast majority of cases the poor-quality concrete had been due not to one adverse factor but to a combination of factors which together had resulted in concretes so reduced in efficiency as to be the subject of complaint. It will be seen from this that an investigation is not complete until every reasonably possible cause of damage to the concrete has been examined. If the finding of the first fault puts an end to the search a far more dangerous fault may consequently be overlooked. It should be understood that the investigations to be described were not concerned with failures of concrete structures, but for the most part with complaints of unsatisfactory quality of concrete during construction work or in the production of concrete goods.

The concrete maker of little experience, when he finds that his concrete is not all it should be, proceeds to lay the blame upon the cement with monotonous regularity, forgetful of the fact that the cement is the only component of his concrete which has been scientifically made under the supervision of expert chemists, and that there are numerous faults far more likely to have caused the trouble connected with faulty aggregate or careless workmanship. In the 400 concretes examined there was only one failure due to faulty cement, and that was caused by the cement being too quick-setting. In six cases the cement was found to be over aerated, but this was due to prolonged or faulty storage on the job or at the supply depot.

Causes of Faulty Concrete.

About 56 per cent. of the faulty concretes were due in one form or another to bad workmanship and the remainder to faulty materials. Of the 400 samples examined the following is a list of faults as far as possible in order of magnitude.

83 (20.7 per cent.).—Mixtures with too low a proportion of cement, resulting in weak and porous concrete or mortar.

49 (12.3 per cent.).—Aggregates contaminated with organic matter resulting in delayed hardening of the cement, and in extreme cases in failure to harden. This number would be higher except for the fact that detection of organic matter in an aggregate by analysis of the concrete is frequently impossible.

48 (12 per cent.).—Bad mixing or lack of sufficient time in mixing causing unevenly distributed cement and sand, with the consequent " bunching " and bridging of the aggregate.

47 (11.75 per cent.).—Untraceable as regards cause of failure. In many of these the fault could be surmised but not proved, often for lack of information concerning the failure. Other cases were probably due to organic matter in the aggregate (as shown above), too small and unrepresentative samples, incorrect specifications, or some local circumstance connected with the work of which the investigator had no knowledge.

43 (10.75 per cent.).—Sands or aggregates containing excess of loam or clay in such a form as to cause " balling " of the sand or coating of the aggregate with a film and preventing proper cohesion with the cement. In this connection the form in which the loam or clay is present is much more important than the actual quantity. A small amount of loam if it forms a film around the aggregate is far more harmful than a relatively large amount in the form of a loose powder, providing of course that it is not chemically detrimental.

36 (9 per cent.).—Sands much too fine, or an excess of fine dust of a floury nature in stone aggregates. This is a common fault; it results in a mortar of little structural strength and one which as a rule does not adhere well to the aggregate. A proportion of fine sand is essential, but no more essential than a larger proportion of coarse sand. Two (0.5 per cent.) cases only were found in which too coarse a sand had been used without sufficient fine material. The result was a porous concrete with a poor face, as little " fat " could be worked to the surfaces.

35 (8.7 per cent.).—Cases of excess mixing water resulting in serious decrease in strength of the concrete, particularly at early periods, and also in segregation of the mix and sometimes in contraction cracks. This figure does not truly represent the number of concretes in which too wet a mix was used, as although the appearance of the concrete may suggest excess mixing water it is frequently impossible to prove it by analysis. In fifteen (3.75 per cent.) cases insufficient mixing water resulted in imperfectly hydrated cement, lack of strength and homogeneity, and in increased porosity.

34 (8.5 per cent.).—Instances of incorrect grading of aggregates, in which there were three cases of deficiency of intermediate material. In the majority of the other 31 cases the aggregates were of unsuitable size for the particular work, causing bad consolidation, porosity, and defective cover for reinforcement.

34 (8.5 per cent.).—Over-sanded mixes resulting in weak concretes since the surface area of sand is greater than the surface area of coarse aggregate and therefore requires more cement to coat it. Twenty-two (5.5 per cent.) were cases of under-sanded mixes, which is a more serious fault resulting in a porous concrete and " bunching " of the aggregate.

25 (6.25 per cent.).—Failures due entirely or in part to bad workmanship in placing and tamping the concrete, resulting in a loosely-consolidated, porous, weak mass. If this type of concrete is reinforced there is a danger of the bars not being properly embedded and covered, with subsequent failure due to structural weakness or rusting of the steel.

23 (5.75 per cent.).—Instances of excess of coal in such aggregates as breeze and clinker, resulting in expansion of the concrete with cracking and disruption.

20 (5 per cent.).—Instances of sulphur in the form of sulphides found in aggregates such as spar, unweathered slag, breeze and clinker, causing delayed hardening and disruption of the concrete on the oxidation of the sulphides. This fault is frequently partly the result of porous concretes. Thirteen (3.25 per cent.) cases were of aggregates containing sulphur as sulphates, such as spar, breeze, clinker or slags, causing gradual cracking and disintegration.

19 (4.75 per cent.).—Cases of faulty curing such as lack of protection against frost, sun, and drying winds and prevention of too rapid drying out due to other causes. This figure would be higher but for the difficulty of proving this fault either by visual examination or by analysis.

15 (3.75 per cent.).—Cases of the use of flaky or excessively rounded aggregate causing bridging and voids and consequent weakness and porosity.

14 (3.5 per cent.).—Aggregates lacking structural strength such as soft sandstones and disintegrating igneous rocks. These aggregates tend to rupture when being tamped or when the concrete is being stressed and naturally form weak pockets.

9 (2.25 per cent.).—Failures due to the action of industrial chemicals to which the unprotected or insufficiently protected concrete was subjected.

8 (2 per cent.).—Aggregates contaminated with gypsum or plaster, such as crushed uncleaned bricks, causing rapid setting of the cement.

7 (1.75 per cent.).—Cases of excess of voids in concrete, the exact causes of which could not be proved by examination but were probably due to a combination of circumstances. In two cases, however, they were the result of placing concrete in running water which washed out much of the cement and sand.

6 (1.5 per cent.).—Instances of over-aerated cement due to prolonged or faulty storage, resulting in retardation of the set, and in extreme cases of the hardening also.

5 (1.25 per cent.).—Cases of carbonaceous matter in the aggregate causing delayed hardening.

4 (1 per cent.).—Failures due to mixing Portland with aluminous cement, causing extremely rapid setting.

4 (1 per cent.).—Instances of the mix being too strong. In each case the sample consisted of practically neat cement, which was on that account badly cracked.

3 (0.75 per cent.).—Aggregates containing excess of vegetation, such as leaves and grass, which resulted in physical weakening of the concrete quite apart from the effect of organic matter on the cement.

1 (0.25 per cent.).—Failure due to an aggregate containing free lime causing blowing and disruption of the concrete.

1 (0.25 per cent.).—Failure caused by lack of sufficient cover for the reinforcement, resulting in the oxidation and consequent expansion of the steel.

1 (0.25 per cent.).—The only instance of faulty cement. The cement was quick setting and the concrete could not be released from the skips.

As has been mentioned, in 90 per cent. of the samples of concrete there were found at least two definite faults, but in many cases there were more than two adverse influences affecting the results. Below are given a few details of particular cases where failure was due to a combination of factors.

Failure to Harden.

A failure was investigated in which the concrete had failed to harden satisfactorily and was very weak. On analysis the proportions which had been used were found to be 3.2 parts of slag, 0.8 parts of sand, and 1 part of cement. The grading of the aggregate was poor, there being no intermediate material, the sand was unduly fine and contained an excess of loam, and there was insufficient sand present. Furthermore the analysis revealed the presence of a trace of sulphur as sulphide and sulphuric anhydride at least 2 per cent. in excess of the usual amount due to the cement. To add to the other troubles the cement was over aerated although tests showed it to be still well up to B.S.S. It was found later that the cement had been stored on the job for some time under bad conditions. It was not surprising with all these faults present that the concrete possessed little strength and that the hardening of the cement had been retarded.

In another case where the concrete had failed to harden the colour of the sample was of a light biscuit, due first to the excess of mixing water used, which frequently results in a very light coloured concrete, and second to excess of clay in the aggregate. When the concrete was cracked the stones could be picked out quite cleanly, leaving behind cavities lined with clay which had originally been in the form of a film around the stones. The concrete had been badly mixed and the aggregates indifferently graded, with the result that bridging had occurred and many voids formed.

In still another case in which the concrete had failed to harden satisfactorily failure was due to a combination of the following faults: over-sanded mix; aggregates contained excess of loam and also organic matter; the sand was extremely fine; the mixing had been poor; there were indications that an undue amount of mixing water had been used; the concrete, insufficiently protected, had been attacked by frost. It would be difficult to see how the maker of this concrete could have made many more mistakes, and yet he blamed the cement for the failure.

Grading of and Impurities in Sand.

Some interesting results were obtained during an investigation of the strength of mortars made with three different sands, A, B, and C.

Sand " A " was coarsely graded and contained no loam.

Sand " B" was of almost identical grading to " A " and contained 12½ per cent. of loam.

Sand " C " was finely graded and contained 12½ per cent. of loam similar to that contained in " B."

Cubes were made of 3 parts of each sample of sand respectively to 1 part of rapid hardening Portland cement and were crushed at 24 hours and 7 days.

" A " sand.		" B " sand.		" C " sand.	
24 hrs.	7 days	24 hrs.	7 days.	24 hrs.	7 days.
3,900	9,300	2,300	7,700	1,600	7,000
3,500	9,000	2,250	7,500	1,600	7,000
3,400	8,600	2,200	7,000	1,600	7,000
3,600	8,967	2,250	7,400	1,600	7,000

It is interesting to note the reductions in strength due separately and distinctly to loam and to too fine a grading. The coarse dirty sand " B," although approximately of the same grading as the coarse clean sand " A," gives appreciably lower results due to the loam content. The fine sand " C " gives lower

results than the coarse sand "B," due to difference in grading since the character and quantity of the loam in each of the sands is the same. In this particular case there was no organic matter present, but it very frequently happens that pit sands containing loam are contaminated with organic matter. In the course of time a deposit of sand or sedimentary rock becomes covered with successive layers of rotting vegetation or peat; rains wash the organic matter out and carry it down into the sand, which, acting as a filter, retains the organic matter and allows the purified water to pass through. It not infrequently happens that the sand at the top of the pit just below the overburden collects most of this vegetable matter, the sand in the lower part being practically free from contamination.

Organic Matter in Aggregate.

Although organic matter is principally found in pit sands and ballasts, instances have occasionally been recorded where other aggregates, such as limestones, granites, and river sands contaminated with organic matter, have caused failures. In one case the concrete of a retaining wall which after nine days had failed to show any signs of hardening was found to have been made of an aggregate consisting of broken brick. This on examination was found to contain none of the usual compounds injurious to cement which are sometimes met with in brick, and it was not until the caustic soda test was applied as a last resource that the surprising presence of organic matter was revealed in such quantities as very seriously to retard the hardening of the cement.

Carbonaceous Matter.

Carbonaceous matter is distinct from organic matter, but when found in sand or aggregate it has a similar effect upon the cement. It is sometimes found in the form of lignite, particularly in the pit sand of Scotland and Ireland. Instances have been known where failure of a concrete to harden and dry-out have occurred in small local patches only, and on examination it was found that the nucleus of these patches consisted of a small piece of lignite. Obviously the more finely divided the lignite the greater will be its distribution throughout the aggregate and the more general and acute will be its detrimental effect.

(*To be continued.*)

Proposed Cement Society.

Dr. Geoffrey Martin, late Director of Research of the British Portland Cement Research Association, writes:—

"Sir,—Nearly all industries possess a technical society at which papers relating to the technical side of the industry can be read and discussed and criticised, and afterwards published. The cement industry does not possess such a society, yet a large number of people are intensely interested in the technical side, and often have most interesting observations and suggestions to make.

"I am writing to suggest that a meeting be called in London of technical men, manufacturers and managers, with a view to forming such a society, so that they would be able to partake in fortnightly or monthly meetings, and have opportunities of reading papers, discussing them, and meeting other technologists engaged in the same branch of industry. So that the project may be put into practical form, those interested are invited to write to me at 'Woodleigh,' Bassingham Road, Wembley, London, N."

Extension of the Groschowitz Portland Cement Works.

In the spring of 1927 the Silesian Portland Cement Industry A.-G., Oppeln, decided upon a considerable enlargement of their plant at Groschowitz (Upper Silesia). The daily output of the existing thick-slurry plant of 200 tons of cement was to be increased by 500 tons, whilst in the actual project provision was made for a future remodelling of the plant to cope with a daily output of 1,200 tons. The work of excavation was commenced in the autumn of 1927 and by October 1, 1928, the new plant was ready for operation. The entire mechanical equipment for the new works was supplied by Messrs. Fried. Krupp-Grusonwerk, Magdeburg.

The rough-broken raw material is picked up by bucket excavators (Fig. 1) and loaded into swing-tub wagons of 6 tons capacity in which it is transported

Fig. 1.

to the plant. Here a travelling crane of about 10 tons lifting capacity (Fig. 2) raises the tubs from the underframes and automatically empties their contents into the charging hoppers of two hammer mills, which deal with 250 tons of limestone per hour. Thence the material is fed to the mills at a uniform rate by means of heavy plate-conveyors. A second travelling crane with automatic grab (Fig. 3) transfers the broken limestone from the crushing machines to the storage bunkers arranged above the thick-slurry mills.

These slurry mills, like all the tube mills installed in the new plant, are equipped with the patented "Centra" drive (Fig. 4) in which the grinding drums or tubes are centrally coupled at one end with an enclosed precision reduction gear, the driving shaft of which is flexibly coupled to an electric motor. The mills have a diameter of about 7 ft. 3 ins. and a length of about 42 ft. 6 ins., and function as three-compartment mills. The ground product, a thick-slurry

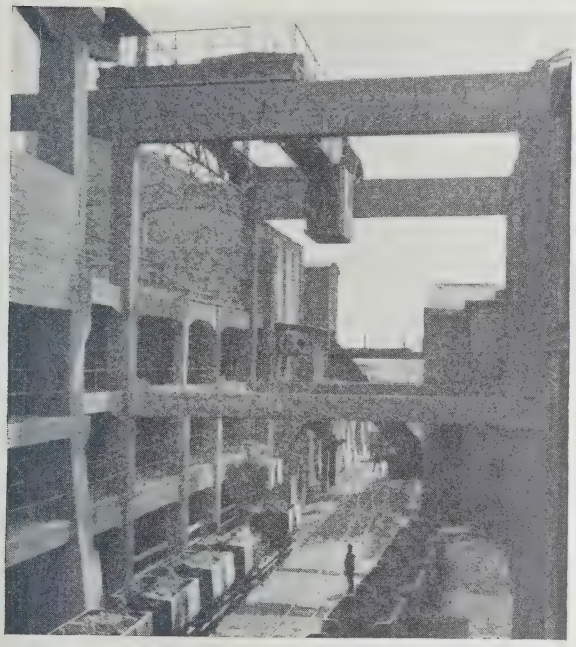


Fig. 2.

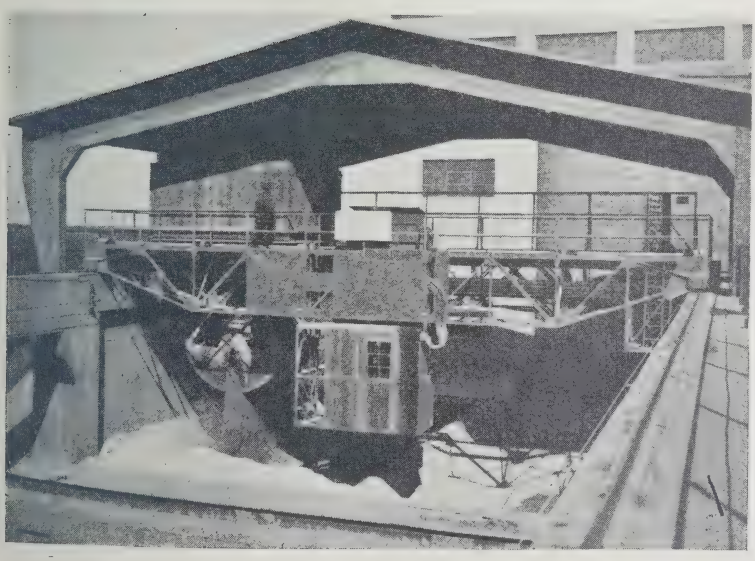


Fig. 3.

with a 40 per cent. water content, yields a 5 per cent. residue on a sieve with 32,400 meshes per sq. in. based on dry screening. Each mill deals with 36 tons of dry raw material per hour, the power consumption amounting to 600 H.P.

The cement raw slurry is delivered by a " Mammoth " dredger into the correcting and mixing basins or tanks, where it is thoroughly mixed by " Mammoth " slurry pumps and compressed air.

The existing rotary kiln, 9 ft. 10 ins. diameter by 164 ft. long, has been augmented by the installation of two further kilns of 10 ft. 10 in. diameter by over 180 ft. long (Fig. 5). The kilns and cooling drums are driven through precision gears, and are supported at certain intervals by strong and adjustable roller bearings on which the riding tyres revolve. These bearings are amply dimensioned and are provided with dipper-ring oil lubrication.

Each of the two new rotary kilns is equipped with a waste-heat boiler of 10,764 sq. ft. heating surface for the utilization of the hot waste gases (Fig. 6). With this waste-heat boiler-plant sufficient steam is raised for driving the new equipment. The flue-gases have a temperature of about 356 deg. F. to 392 deg.

Fig. 4.

F. on leaving the boilers, and are delivered into the chimney by means of two induced-draught blowers.

After the burnt clinker leaves the cooling drums it is automatically weighed and transported to the clinker storage house on a conveyor. In this building is installed a travelling crane of about 98 ft. span and a length of travel of about 328 ft. (Fig. 7), which with an automatic grab of about $5\frac{1}{4}$ cb. yds. capacity, distributes the clinker evenly over the storage area. This arrangement of filling and emptying the clinker store has proved successful, as not only is it possible fully to utilize the whole of the available area of the storage house, but the building remains very free from dust since the clinker is not allowed to fall from any considerable height.

The clinker to be ground is taken from the main store by the grab of the overhead travelling crane and discharged into a storage hopper arranged over conveyors, which, in conjunction with bucket-type elevators, feed it to the cement mills.

At the admission end of each cement mill two rotary plate feeders feed clinker and raw gypsum uniformly and in adjustable proportions to the 3-compartment

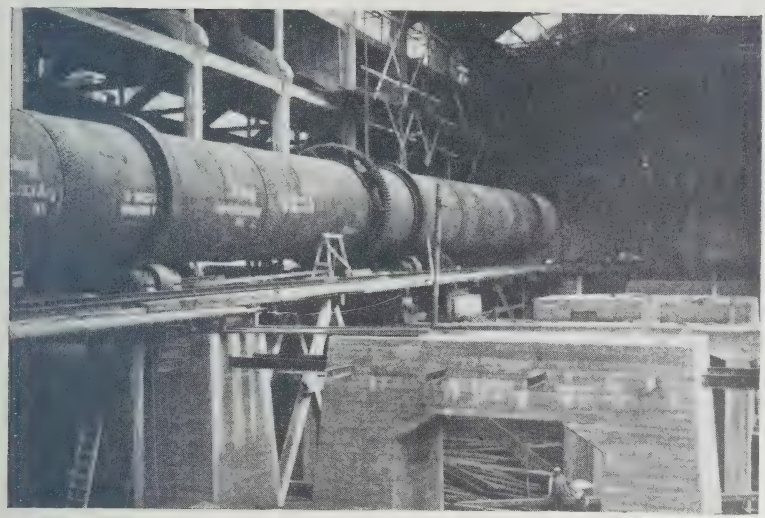


Fig. 5.

compound tube mills, which have a diameter of about 7 ft. 3 ins. and a length of just over 42 ft. 6 ins. Each of these mills is capable of grinding into cement nearly 18¾ tons of clinker per hour, the product yielding approximately a 10 per cent. residue on a sieve with 32,400 meshes per sq. in. A very high factor of safety in the working of these heavy mills, as well as greater efficiency, is ensured by the provision of the " Centra " drive, which displaces the hitherto usual circular rack and pinion drive.

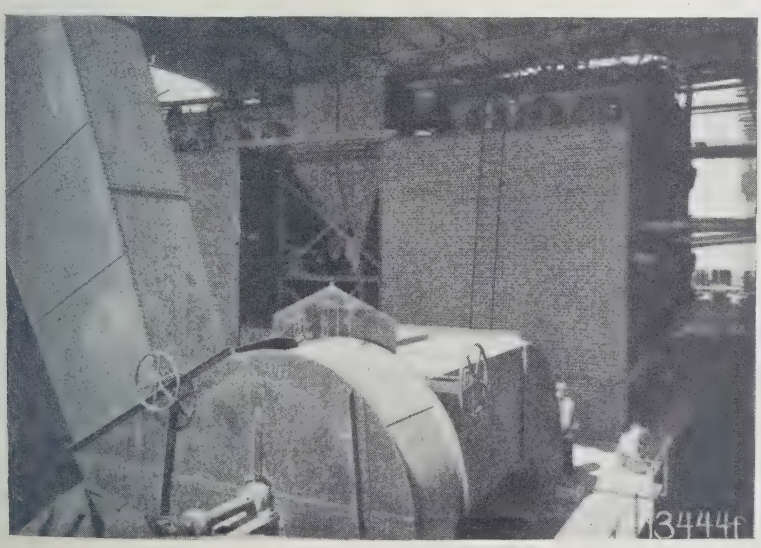


Fig. 6.

Fig. 7.

To the rear of the mills, which are connected to a modern ventilation and dust removal plant, the ground cement is weighed and then transported by conveyors and bucket elevators to six cement silos, each having a diameter of over 43 ft. and a height of 82 ft. The cement is drawn from the individual bins of the silos by means of transportable tapping or discharge appliances, whilst the four bagging machines, which have an output of 3,600 sacks of 110 lbs. each per hour, are served by worm conveyors and bucket elevators. The sacks or bags, having been filled and packed, are transported automatically by belt conveyors direct to the railway trucks for despatch.

A further travelling crane with automatic grab, working over the coal yard, unloads the coal supplies necessary for firing the rotary kilns, and at the same

Fig. 8.

time serves the bunkers situated over the coal driers, the latter being of the tubular type and steam heated. The advantages of these new driers are combined easy control and minimum fuel consumption. The particles of coal dust carried along with the steam by the draught in the driers are completely recovered for further use in a separate dust elimination plant.

The coal is pulverised in two tube mills of the 3-compartment type, each of 61 ins. diameter by 29 ft. 6 ins. long, and equipped with the " Centra " drive. The product from these mills yields a 10 per cent. residue on a screen with 32,400 meshes per sq. in. Fuller pumps convey the pulverised coal to the various points where it is to be used.

Practically all the machines have individual drive. Where necessary, the speed of the electric motors is reduced to correspond to that required by the machines by means of Krupp's friction gear (Garrard patent)—Fig. 8—or enclosed precision reduction gear. The driving motors for the mills and hammer-type breakers are wound for high-tension of 5,000 volts whereas the other motors employed in the plant work off a 500-volts A.C. supply.

United States Combination.

The Atlas Portland Cement Co. has been taken over by the United States Steel Corporation, who are already cement producers through their subsidiary company, the Universal Portland Cement Co., with plants at Buffington (Ind.), Universal (Pa.), Morgan Park (Minn.), and Cuyahoga River Valley (Ohio). The deal will be something in excess of $30,000,000 (£6,147,500), and the present joint capacity of the two companies is 36,500 barrels per annum. The Atlas Co. has plants at Northampton (Pa.), Leeds (Ala.), Hannibal (Mo.), and Coplay (Pa.). It also controls the New York and New England Cement and Lime Co., with a plant at Hudson (N.Y.), and is erecting a 1,000,000-barrel plant at Waco (Texas), a 875,000-barrel plant at Rochester (Minn.), another at Independence (Kansas), and another in Cuba. The terms of the exchange is on the basis of five Atlas shares for one U.S. steel share.

ADVERTISEMENTS.

All enquiries regarding advertisements in Cement and Cement Manufacture should be addressed to Concrete Publications, Limited, 20, Dartmouth Street, London, S.W., England.

All advertisement copy should reach this office not later than the last day of the month preceding publication. If new copy is not received by that date the publishers reserve the right to repeat the previous copy.

In the case of advertisements to be printed in more than one language, the translations should be supplied by the advertiser. If desired, the publishers will undertake this translation work, but only on the understanding that they accept no responsibility for its accuracy.

Notes from the Foreign Press.

Abstracted by J. W. CHRISTELOW, B.Sc.

Rapid Determination of the Lime Content of Portland Cement for Works Control. C. H. Rogozinski. *Zement*, Vol. 18, p. 1,464, 1929.

A sample of the cement is passed through a sieve having 250 meshes to the linear inch, 0.65 g. of the sieved cement is well mixed with 4 cc. water in a 400 cc. conical flask, and 20 cc. normal HCl is added, stirring until all cement particles are dissolved. Dilute to 200 cc. with boiling water and boil for one minute. Add a few drops of phenolphthalein solution and rapidly titrate the hot liquid with N/2 NaOH to within about 0.5 cc. of the end point. Then add NaOH, two drops at a time, stirring well and allowing the precipitate to settle after each addition. Then view the light transmitted by the contents of the flask by examining the shadow cast by the flask on a white paper placed behind it. When the lower layer takes on a distinct pink shade as compared with the upper layer, read the volume of NaOH used. Repeat the determination and take the mean of the two results.

The lime content of a cement is calculated as follows: 0.65 g. of a cement whose lime content is known by analysis to be, say, 66 per cent., is treated as above, and requires, say, 10 cc. NaOH. Then repeat with 0.6652 g., 0.6348 g. and 0.6196 g. of the same cement, i.e. quantities which differ in CaO content by 0.01 g., 0,02 g., etc., corresponding to 1 per cent., 2 per cent., etc., of CaO. Suppose the corresponding volumes of N/2 NaOH required are 9.3, 10.7 and 11.4 cc. respectively; i.e. 1 per cent. difference in the lime content of the cement corresponds to 0.7 cc. NaOH, or 0.1 per cent. CaO=0.07 cc. NaOH. A table can thus be drawn up from which the lime content of the cement under test can be read direct. Experience in several works shows that the method gives satisfactory results to an accuracy of 0.1 per cent. CaO.

Effect of Water-storage in Dissolving Alkaline Substance from Mortar Test-pieces. G. Kathrein. *Zement*, Vol. 19, p. 2, 1930.

A series of tests was carried out which confirm Hundeshagen's conclusion that the water storage of cement and cement-mortar test-pieces has an appreciable effect on the test results (particularly tensile), due to the solution of lime. The experiments deal also with the effects of various types of ground stone on the properties of the mortar. Portland and high-alumina cements were used, and the changes in length of Bauschinger prisms of neat cement and 1:1 ground stone mortar were followed over 21 weeks storage, viz. 1 week in moist air, followed by 9 weeks under room conditions, 3 weeks in tap water, 5 weeks in saturated lime water, and a further 3 weeks in tap water.

With Portland cement, replacing tap-water by lime-water converts a pronounced expansion to a contraction, while, on reverting to tap-water, expansion again sets in. It is concluded that the solution of alkaline ingredients from the test-pieces by the tap-water may have a definite effect on the test results, and that this possibility should receive consideration when the specification is revised.

The case is different for aluminous cement. The expansion occurring when the test-pieces are stored in tap water is in general continued in lime-water. The

shrinkage of aluminous cement in 10 weeks' storage in air is only about two-thirds that of Portland cement.

The ground stones used vary somewhat in their effect on shrinkage and swelling for both cements. With both Portland and aluminous cements kaolin accentuates, while marble minimises, the volume changes.

Thermostatic Device for Containers for the Water Storage of Cement Test-pieces. A. Guttmann. *Zement*, Vol. 19, p. 24, 1930.

Details are given of a device for maintaining the temperature of water containers between 17 and 20 deg. C., as required by the new conditions of the German standard specifications. The device consists essentially of four 125-watt electric heaters suspended in pairs from two floats in a 150-litre container. A mercury thermometer (with protected bulb) has a platinum contact melted in at, say, 19 deg. C., so that when the mercury reaches this temperature the mercury-platinum contact closes the circuit of a relay which cuts out the heating current. A stirring arrangement is driven by a small motor in parallel with the heaters. The temperature of the bath can be maintained constant to 1/5 deg. C. The heating period is 3 minutes every 30 minutes, and the consumption 1.2 kW-hour per day.

Comparison of Ordinary and Phosphate-containing Gypsum as Retarders. A. Dahlgreen. *Zement*, Vol. 19, p. 28, 1930.

Phosphate-containing gypsum acts more strongly as a retarder of set gypsum than ordinary gypsum. The strength of the cement at 3 and 7 days is lowered accordingly, but recovery occurs later and the 28-day strength is normal. As expected, additions of 3 per cent. gypsum and over gave better results than smaller quantities. Additions of 2 per cent. and 3 per cent. of normal and phosphate gypsum to a cement gave the following results:—

	Setting Time		Tensile Strength lb. per sq. in.		
	Initial	Final			
Per cent.	hr. min.	hr. min.	3 days	7 days	28 days
2 normal gypsum ...	4 35	6 25	341	441	573
2 phosphate ,, ...	6 25	7 25	242	445	563
3 normal ,, ...	3 50	4 55	455	540	556
3 phosphate ,, ...	6 45	7 45	378	520	522

The use of phosphate gypsum, alone or mixed with ordinary gypsum, gives a convenient means of retarding set in hot weather. With high-limed cements, however, its use may result in reduced tensile strength.

Introduction of Raw Material Slurry to the Rotary Kiln. E. Schirm. *Tonind. Zeit.*, Vol. 54, p. 8, 1930.

Describes a number of recently patented methods of feeding raw material slurry to the rotary kiln, the object of which is to increase the area of contact between slurry and hot gases and thus improve the heat exchange.

Under German Patent No. 425,846, the slurry is introduced as sprays under pressure through a number of rotating nozzles directed perpendicular to the kiln axis. The kiln head is widened, reducing the gas velocity and the loss of raw material in the exit gases.

German Patent 421,551.—The slurry is introduced at the burning end of the kiln, the coal-feed pipe encircling the slurry-feed pipe. The pressure is

sufficiently high to convey the slurry in a compact jet through the clinkering zone, beyond which the spray spreads so as to fill the entire cross-section of the kiln.

British Patent 284,276.—The slurry is fed through a simple pipe and dammed by a ring in the kiln head. A number of discs, fixed to a rapidly-revolving shaft, rotate in the slurry and throw it out over the cross-section of the kiln. A series of thin discs of spray is thus exposed to the hot gases..

German Patent 478,632.—Several conical jets introduced from the kiln-head at different angles impinge on one another. The consequent interference forms a cloud of spray over a much greater length of kiln than if a single jet were used.

German Patent 426,700.—The slurry is passed through a centrifugal drier and thence to a container. This latter feeds an extrusion press which forces a rope of plastic slurry into the kiln, where it is broken up.

American Patent 1,640,528.—A feed for introducing slurry under pressure consists of a cylinder capable of rotation, similar to a revolver magazine, containing a number of holes of different diameters. Any hole can be connected to the slurry container according to the rate of feed desired. The device minimises the wearing action of slurry under pressure on sharp edges, valves, etc.

"False Set" of Portland Cement.

By D. K. MEHTA.

(*Chief Chemist, United Cement Company of India.*)

In view of the interest taken in your journal by cement manufacturers in India, a contribution from me to the discussion started in your columns regarding the "false set" of cement may be of interest to your readers.

It is claimed by one correspondent (April, 1929) that this "false set" can be induced artificially in any well-made cement by raising the finish end mill heats to sufficiently high temperatures, i.e. 230 deg. F. and above, and the explanation given is that "the entirety of the gypsum becomes converted to anhydrite, thus losing its solubility and speed of reaction efficiency as a retarder." If this statement were accepted as representing true facts we in India would always be making cement having this "false set," as I doubt whether any plant in India can grind cement at a lower temperaure than 230 deg. F. without some cooling arrangement of the mill; the writer knows of a case of cement issuing from the mill end at a temperature of 300 deg. F. and above possessing quite a normal set.

The explanation that the high grinding temperature in the mill is the cause of the "false set" or of the quick set, as is alleged by this correspondent and also by "C.E.H." in your May, 1929, issue, is not fully convincing, as the data collected by the writer in his experience does not go to corroborate it. If the high temperature of cement in the grinding mills is accompanied with quick set, then the fundamental cause is rather to be sought in the quality of the clinker; that is to say, in the physical conditions affecting the burning in the kiln, etc. It is just possible that the high temperature may be a contributory cause to the quick set in case of clinker which to all outward appearance seems to be quite well burnt but which is not subjected to the right temperature in the clinkering zone or has not been in that zone for a sufficiently long time. It would be difficult to prove this to be the right explanation, but the fact that

well-burnt clinker ground at a temperature of 300 deg. F. and above is not quick setting appears to prove conclusively that high temperature is not the main cause of either the false or the quick set. The writer once came across the " quick set " difficulty which gave a lot of anxiety and trouble and which was ultimately remedied by lowering the temperature of the grinding mill. But when, later on, the question of temperature was disregarded and the temperature carried to over 300 deg. F. over a long period, and no quick set developed, it was conclusively proved that in the first case the fundamental cause must have been the physical conditions affecting the burning in the kiln (the chemical composition and the grinding fineness of the slurry being the same in both the cases).

The general explanation given in support of high temperature being responsible for the quick set is that the gypsum gets dehydrated either partially or entirely. Suppose it did, would it affect the setting time? It should not, as any form of calcium sulphate should be as good a retarder as gypsum. R. K. Meade, who has carried out in practice his experiments on gypsum-anhydrite mixtures as retarders says: " The continued and increasing use of this rock (gypsum-anhydrite) is proof that it has the proper qualities as a retarder. . . . Regardless of all laboratory tests the impressive record of actual use of gypsum-anhydrite mixtures is the best possible evidence of their value."* It would be both interesting and instructive if the manufacturers who have experienced this difficulty of setting time were to describe their experiences and suggest possible lines of investigation.

While on this subject I would like to touch upon one peculiar phenomenon that I have met in my examination of the initial set. There are some samples which show by the Vicat needle the initial set to have occurred in ten to fifteen minutes, but if the observations are prolonged it is found after fifteen minutes more the Vicat needle penetrates to the full extent, thus showing that the initial set observed in the first instance was false and that the second set occurs quite normally in about 70-100 minutes. It would be interesting to know if others have come across such a behaviour of cement.

As regards the query put by "C.E.H." in connection with the setting time, " Is the B.S.S. to cover ordinary and rapid-hardening Portland cements alike? " it is difficult to see why it should not. Rapid-hardening cement differs from ordinary cement in its hardening properties only and not in its setting properties. A quick-setting cement will always be quick setting no matter what percentage of water is used in gauging or how long the gauging is carried on. If a cement gives normal setting time (i.e. above 30 minutes) by using more water or by an extended gauging it is clearly not quick setting irrespective of its being rapid hardening or not.

* For details of the experiments, see Rock Products, Nov. 24, 1928, pp. 55-58.

Notice.

All articles published in Cement and Cement Manufacture, in whatever language, are strictly copyright and may not be reprinted in other journals or in the form of catalogues without the permission of the proprietors, Concrete Publications Limited, 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, England.

The Japanese Portland Cement Industry.

THE following particulars relating to Japanese Portland cement works are published by the Japanese Portland Cement Association dated November, 1929. The increase in the industry during the past few years is shown by the following table:—

Year.	Capital Invested. £	Cement Production. Tons.
1920	3,959,984	1,350,598
1921	4,726,069	1,551,133
1922	5,133,395	1,856,860
1923	5,574,525	2,239,045
1924	6,557,500	2,195,434
1925	6,627,133	2,504,132
1926	7,772,932	3,200,844
1927	9,985,047	3,527,979
1928	11,061,300	3,820,671

The improvement in the quality of Japanese Portland cement is shown in the following table, giving a summary of the changes in the Government specifications from 1905 to date:—

Date of revision.	Fineness	1 : 3 mortar				Neat cement
		Compressive strength kg/cm²		Tensile strength		Tensile strength kg/cm²
		7 days.	28 days.	7 days.	28 days.	7 days.
Feb., 1905	Residue on 900/cm² sieve (the diameter of the wire is 0.1mm.) 10%	—	120	7	15	25
Dec., 1909	Residue on 900/cm² sieve (the diameter of the wire is 0.1 mm.) 5%	—	120	8	16	25
June, 1919	Residue on 900/cm² sieve (the diameter of the wire is 0.1 mm.) 3%	—	140	10	18	30
April, 1927	Residue on 4900/cm² sieve 17%	—	210	14	21	40
Under revision	Residue on 4900/cm² sieve 12%	220	300	20	25	—

In the following notes are given details relating to the plants now in operation in Japan.

Asano Portland Cement Co., Ltd.

Factories at Tokyo, Moji, Hokkaido, Kawasaki, Taiwan, Osaka, Nishitama. Total capacity 5,700 tons a day.

Tokyo Works.—Dry process. Raw materials: quicklime and clay. Crushing plant: two single-roll crushers, 2 ft. by 2 ft. 8 in.; one screw mill, 18 ft. Raw mills: eight double hard mills, 5 ft. 6 in. by 10 ft. 9 in.; eight selectors, 8 ft. 7 in. Four rotary kilns, 7 ft. 6 in. by 110 ft. One coal drier, 5 ft. 6 in. by 56 ft.; one coal mill. Finishing mills: three compeb mills, 6 ft. 6 in. by 22 ft. 6 in. Three Bates' packers.

Moji Plant.—Dry process. Raw materials: limestone, clay, ganister and slag. Crushing plant—for clay: one single-roll roll crusher, one Frett mill, two hammer crushers; for limestone: two screw mills. Raw mills: four compeb mills, 7 ft. by 24 ft.; one double hard mill, 5 ft. 9 in. by 12 ft. Kilns: four rotary kilns, 12 ft. 6 in. by 10 ft. by 210 ft.; five rotary kilns, 7 ft. by 80 ft. Three coal driers, 5 ft. 4 in. by 60 ft. Two coal mills, 6 ft. 6 in. by 36 ft. Finishing mills: five compeb mills, 7 ft. by 24 ft.; one slag tube mill, 6 ft. by 32 ft.; one Unidan mill, 7 ft. 4 in. by 4 ft.

Hokkaido Plant.—Dry process. Raw materials: limestone and clay. Crushing plant—for clay: one hammer crusher, one jaw crusher; for limestone: two screw mills. Raw mills: seventeen Fuller mills, 3 ft. 4 in. Kilns: two rotary kilns, 6 ft. 6 in. by 100 ft.; one rotary kiln, 8 ft. 6 in. by 190 ft. Fuel handling: two Ruggles-Cole's coal driers, 3 ft. 5 in. by 57 ft.; four Fuller mills, 3 ft. 4 in. Finishing mills: four compeb mills, 6 ft. 7 in. by 22 ft. 6 in. Packing house: twenty oscillating barrel packing machines; three Bates' packers.

Kawasaki Plant.—Dry process. Raw materials: limestone and clay. Crushing plant—for clay: one single roll crusher, two hammer crushers, five double roll crushers; for limestone: five Gates' crushers. Raw mills: ten hard mills, 5 ft. 9 in. by 11 ft. 9 in.; one Unidan mill, 7 ft. 4 in. by 40 ft.; two compeb mills, 7 ft. by 24 ft. Kilns: two rotary kilns, 9 ft. by 180 ft.; two rotary kilns, 9 ft. by 210 ft. Fuel handling: two Ruggles-Cole's coal driers, 6 ft. by 60 ft.; seven Fuller mills, 3 ft. 5 in. Finishing mills: one compeb mill, 6 ft. by 22 ft.; five compeb mills, 7 ft. by 24 ft. Packing house: eighteen oscillating barrel packing machines; four Bates' packers; two rotary packers.

Taiwan Plant.—Dry process. Raw materials: limestone and clay. Crushing plant—for clay: two screw mills; for limestone: one Gates' crusher. Raw mills: four double hard mills, 5 ft. by 11ft. Kilns: one rotary kiln, 8 ft. 6 in. by 170 ft. Fuel handling: one Ruggles-Cole's coal drier, 5 ft. 8 in. by 47 ft.; one Fuller mill, 3 ft. 6 in.; two Fuller mills, 2 ft. Finishing mills: one ballpeb mill, 6 ft. 5 in. by 17 ft.; one combined tube mill, 6 ft. 6 in. by 22 ft. 6 in.; one double hard mill, 5 ft. by 10 ft. 9 in. Packing house: eight oscillating barrel packing machines; one Bates' packer.

Osaka Plant.—Dry process. Raw materials: limestone and clay. Crushing plant—for clay: one double roll crusher; for limestone: one jaw crusher. Raw mills: one ball mill, 7 ft. by 22 ft. Kilns: two rotary kilns, 7 ft. 5 in. by 125 ft. Fuel handling: two rotary coal driers; one tube mill, 5 ft. by 20 ft. Finishing mills: one compeb mill, 7 ft. by 24 ft. Packing house: two barrel packers; one Bates' packer.

Nishitama Plant.—Wet process. Raw materials: limestone and clay. Crushing plant—for clay: two hammer crushers; for limestone: one McCully crusher. Raw mills: three tube mills, 37 ft. by 6 ft. 9 in. Kilns: two rotary kilns, 185 ft. by 9 ft. 6 in. by 10 ft. 6 in. Two coal driers, 57 ft. by 5 ft. 6 in.; two tube mills, 22 ft. 6 in. by 6 ft. Finishing mills: three tube mills, 37 ft. by 6 ft. 9 in. Packing house: two Bates' packers.

Chichibu Cement Co., Ltd.

Daily output: 1,200 tons. Dry process: four sets; wet process: one set. Raw materials: hard limestone and shale.

Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha.

Wet process. Raw materials: muddy lime (by-product of ammonium sulphate manufacturing) and clay (quarried in Amakusa Island, forty miles off the coast). Crushing plant: tube mill, 4 ft. by 13 ft.; tube mill, 4 ft. 3 in. by 23 ft. 6 in. One rotary kiln, 140 ft. by 7 ft. Finishing mills: two combined tube mills, 5 ft. 9 in. by 22 ft. 6 in.

Hitachi Cement Co., Ltd.

Daily output: 110 tons. Dry process. Raw materials: limestone and clay. One limestone crusher, one jaw crusher, one clay crusher, one roll crusher. Raw grinding mills: one 5 ft. 6 in. by 26 ft. compartment ball tube mill. Rotary kiln: one 120 ft. by 8 ft. Coal crusher: 4 ft. 6 in. by 15 ft. ball tube mill. Finishing mill: one 8 ft. edge-runner; one 5 ft. 6 in. by 26 ft. compartment ball tube mill; one 7 ft. 4 in. by 31 ft. compartment ball tube mill under construction.

Hokoku Cement Co., Ltd.

Daily output: 1,100 tons. Dry process. Raw materials: clay, limestone, pyrite cinder or copper slag. Kilns—Moji plant: four sets. Nagoya plant: two sets. Saga plant: two sets. Fuel handling—coal drying machines: Moji plant, three; Nagoya plant, two; Saga plant, one. Coal grinding machines: Moji plant, four; Nagoya plant, four; Saga plant, one.

Iwaki Cement Co., Ltd.

Annual output: 450,000 tons.

Mikawa (Portland) Cement Co., Ltd.

Daily output: 110 tons. Dry process. Raw materials: limestone and clay.

Nanao Cement Co., Ltd.

Daily output: 540 tons. Wet process. Raw materials: calcareous sandstone diatom earth and high alumina clay. Cruching plant: one Titan crusher for sandstone; one Titan crusher for calcite. Raw mills: two Solo mills, 37 ft. by 6 ft. 9 in. Kilns: two Solo kilns, 215 ft. Fuel handling: a specially-designed coal drying and pulverising plant, with two drying drums and two Solo mills. Finishing mills: two Solo mills, 40 ft. by 6 ft. 9 in. Packing house: one Bates' packer; three Exilor packers.

Nippon Cement Co., Ltd.

Daily output: 950 tons. Dry process. Raw materials: limestone and clay. Crushing plant—for limestone: one 20-in. McCully crusher; one McCully crusher No. 8; one hammer crusher, 36 in. by 48 in. For clay: one single-roll crusher, 24 in. by 32 in.; two hammer crushers. Raw mills: two compeb mills, 7 ft. by 26 ft.; two combined tube mills, 7 ft. by 24 ft.; four separators, 14 ft. diameter. Rotary kilns: two, 8 ft. by 125 ft.; two, 7 ft. 6 in. by 125 ft.; two, 10 ft. by 164 ft. Fuel handling: one coal drier, 5 ft. by 50 ft.; one double-shell coal drier, 6 ft. 8 in. by 45 ft.; two tube mills, 5 ft. by 22 ft.; one combined tube mill, 6 ft. by 18 ft. Finishing mills: two compeb mills, 7 ft. by 26 ft.; two combined tube mills, 7 ft. by 26 ft.; two separators, 14 ft. diameter. Packing house: two Bates' packers; six barrel packing machines.

Nippon Chisso Hiryo Kabushiki Kaisha.

Daily output: 120 tons. Semi-wet process. Raw material: Calcium hydroxide, clay, ganister and pyrite cinder. Crushing plant: two calcium hydroxide crushers; one roll crusher. Raw mills: two rotary kilns; two mixed tube mills; one clay drier; three tube mills. Fuel handling: four coal pulverisers; one coal drier. Finishing mills: four cement tube mills. Packing machines: two.

Oita Cement Co., Ltd.

Annual output: 515,000 tons. Dry process. Raw materials: limestone, clay, silica clay and gypsum. Driers: six rotary clay driers. Crushing plant: six Gates' crushers. Raw mills: four compeb mills; one compartment mill; two tube mills. Rotary kilns: eight sets. Fuel handling: four rotary driers; five crushers. Finishing mills: four compeb mills; one combined tube mill; two tube mills. Packing house: twenty barrel packing machines; eleven bag packing machines; one Bates' packer.

Onoda Cement Co., Ltd.

Annual output: 1,050,000 tons.

Osaka Yogyo Cement Co., Ltd.

Daily output: 860 tons. Dry process. Raw material: hard limestone, shale, alumite and waste products of alum manufacture. Crushing plant—for limestone: two jaw crushers, 40 in. by 30 in.; two hammer mills, 48 in. by 32 in.; for shale: roll crusher, 56 ft. by 18 in. Crushing and raw mills at factory: one jaw crusher, 30 in. by 40 in.; two hammer mills, 48 in. by 32 in.; two clay and stone driers, 8 ft. by 70 ft.; one 6 ft. by 21 ft. primary clay grinding compartment mill; two primary stone-grinding compartment mills, 7 ft. by 26 ft.; one mixing and finish grinding mill, 7 ft. by 26 ft.; one wet raw grinding compartment mill, 7 ft. by 26 ft.; one wet regrinding mill, 4 ft. 6 in. by 22 ft.; four 14-ft. selectors. Rotary kilns: two 10 ft. by 11 ft. by 200 ft.; one 10 ft. by 11½ ft. by 212 ft.; two rotary coolers, 9 ft. by 50 ft. Fuel handling: two double-shell driers, 6 ft. by 60 ft.; two compartment mills, 6 ft. by 21 ft.; finishing mills: four compartment mills, 7 ft. by 26 ft., with wind selectors, 14 ft. Packing house: twenty-four vibration barrel packers; four 2-tube Bates' sack packers.

Toa Cement Co., Ltd.

Annual output: 120,000 tons. Raw material: limestone and clay. Crushing plant—for limestone: one gyratory crusher, one jumbo crusher; for clay: one roll crusher, 2 ft. by 3 ft.; one drier, 6 ft. by 60 ft.; for limestone and clay mixed: one compeb mill, 7 ft. by 24 ft. Kilns: one rotary kiln, 10 ft. by 164 ft. Fuel handling: one Ruggles-Coles drier, 4 ft. by 20 ft.; two Fuller mills, 33 ft.; one tube mill, 5 ft. by 15 ft. Finishing mills: one compeb mill, 7 ft. by 26 ft. Packing house: ten barrel packers; one Bates' 4-tube packer.

Ube Cement Manufacturing Co., Ltd.

Daily output: 520 tons dry process; 550 tons wet process. Raw materials: hard limestone, shale, ganister (high silica clay), iron pyrite, gypsum. Crushing plant: one crusher, 2 ft. by 5 ft. Raw mills—for dry process: three compeb mills, 6 ft. 6 in. by 22 ft. 6 in.; for wet process: two central drive tube mills, 6 ft. 9 in. by 40 ft. Rotary kilns—for dry process: two rotary kilns, 9 ft. 4 in. by 155 ft., 75 h.p.; wet process: two kilns, 10 ft. 8 in. by 8 ft. 4 in. by 300 ft. Finishing mills: one compeb mill, 6 ft. 6 in. by 22 ft. 6 in., with 450-h.p. synchronous motor; two central drive tube mills, 6 ft. 9 in. by 25 ft., with 500-h.p. induction motors. Packing house: four 4-tube Bates' packers; fifteen barrel packing machines.

Welfare of Workers in Cement Works.

PROPOSED HOME OFFICE ORDER.

THE Home Secretary gives notice that, in pursuance of the powers conferred on him by Section 7 of the Police, Factories, etc. (Miscellaneous Provisions) Act, 1916, he proposes to make an Order to apply to all factories and workshops in which the manufacture of Portland cement or cement of a similar character is carried on. The terms of the draft have been settled after discussion with the National Joint Industrial Council for the Cement Manufacturing Industry, and are in accordance with the views expressed by the Council. Under the provisions of the Act it is necessary formally to give notice that any objection to the proposed Order must be sent to the Secretary of State at the Home Office, Whitehall, London, S.W.1.

The proposed Order is as follows:—

(1) The occupier shall provide and maintain in good condition: (*a*) Watertight thigh boots for persons employed in processes involving standing in slurry, mud or water; (*b*) suitable goggles for persons who are exposed to coal or cement dust to a considerable extent; (*c*) suitable waterproof coats for persons who may be required to work regularly in the open during rainy weather; (*d*) suitable overalls and head coverings for female workers employed in cleaning or repairing sacks.

(*Continued on page* 313.)

TRADE SIROCCO MARK

FANS FOR INFINITE APPLICATIONS

SIROCCO Fans are made in a large number of sizes and in a wide range of designs to suit every possible fan application. They are used for Ventilation, Dust Removal, Boiler Draught, etc., and, in fact, for every purpose for which a fan can be employed.

Write for Descriptive Catalogue No. 4.

DAVIDSON & Co., LTD.

Sirocco Engineering Works - Belfast

LONDON, MANCHESTER, CARDIFF, BIRMINGHAM, GLASGOW, NEWCASTLE, BRISTOL.

(2) The occupier shall provide and maintain for the use of all persons employed in cleaning or repairing sacks, suitable accommodation for clothing put off during working hours. The accommodation so provided shall be made secure and shall be kept clean.

(3) The occupier shall provide facilities for sitting for all the female workers whose work is done standing, so as to enable them to take advantage of any opportunities for resting which may occur in the course of their employment.

(4) The occupier shall provide and maintain for the use of all workers, except those employed in continuous processes, a suitable and adequate messroom which shall be furnished with (*a*) sufficient tables and chairs or benches, and (*b*) adequate means of warming food and boiling water. The messroom shall be sufficiently warmed for use during meal intervals. The messroom shall be placed under the charge of a responsible person, and shall be kept clean.

(5) The occupier shall provide and maintain in the works for the use of all persons employed suitable washing facilities conveniently accessible and comprising a sufficient supply of basins and clean water. The facilities so provided shall be placed under the charge of a responsible person, and shall be kept clean.

Book Review.

"**Excavating Machinery.**" By W. Barnes, M.I.Mech.E. (London: Ernest Benn, Ltd. Price 42s. net.)

Cement manufacturers should find this book of use when problems arise concerning the installation of new plant or the replacement of old machines. The choice of power for working excavating machinery engaged on getting chalk, limestone, or clay is often restricted. Where this is not the case the relative prices of different fuels are important factors. The author gives in detail the necessary information to enable the manufacturer to make the comparisons required. The steam or oil-driven navvy, drag-line excavator, and grabbing crane are described at length, and valuable hints are given on the purchase, erection, and use of these three types of excavators. The author also deals with the important subject of arranging the tracks and trains of wagons so as to avoid delay to the excavator. The subject of quarrying is treated at considerable length.

New Cement Plant at Cuba.

The Atlas Portland Cement Company is to erect a cement plant near Havana. There is already one cement factory in Cuba, a subsidiary of the International Portland Cement Company.

Trade Notice.

International Combustion, Ltd., Grinding and Pulverising Offices, is now known as Mining and Industrial Equipment Ltd. The address (11, Southampton Row, W.C.1) remains the same.

Notes from Abroad.

Cement Capacity in the Argentine.

We are advised that the present capacity of the cement industry in the Argentine is as follows:—S.A. Fabrica Nacional de Cemento Portland, Cordoba—capacity, 10,000 tons per annum; Compania Argentina de Cemento Portland, Sierras Bayas—capacity, 255,000 tons per annum; Fabrica de Cemento "Sigma," Cordoba—capacity, 7,200 tons per annum; Sociedad Anonima Loma Negra, Loma Negra—capacity, 60,000 tons per annum.

It is also reported that the firm of Juan Minetta y Cia of Cordoba has under construction a new plant with two rotary kilns and an estimated annual capacity of 144,000 tons. Three other works are said to be projected by unnamed parties, one with a production of 60,000 tons at Cordoba, one with a production of 50,000 tons at Parana, and one with a production of 30,000 tons at Tucuman.

We are also informed that a deputation has been received by the Minister of Public Works requesting an increase of the duties on imported cement and that the four million pesos which the Government still owes for the delivery of cement for public buildings be paid.

Notes from Belgium.

The Ciments Portland De Buda company, which is controlled by the "Arbed" finance concern, has passed into the hands of the C.B.R. group. It would appear that while the capital will remain in the hands of "Arbed" the control of the plant will be left to the C.B.R.

"C.B.R. Exportations" is the title of an export organisation set up by the C.B.R., and which has the support of the Meuse-Brabant Co., Ciments d'Obourg, Ciments de Lanaye, Ciments Liégeois, and the Cannon Brand Company. It is anticipated that within a short time most of the Belgian export trade will pass through the hands of this new organisation.

Ciments Meuse Brabant shows a decreased profit for the financial year of 1928/29 of 1,105,267 frs. (£6,300), and the dividend has been reduced from 55 frs. to 42.50 frs.

For a similar financial year the Ciments Liégeois company shows decreased profits, the decrease in this case being from 5,129,594 frs. (£29,300) to 2,725,050 frs. (£15,500). The dividend has been reduced from 60 frs. to 25 frs.

Extensions in Belgian Congo.

Although the Ciments du Congo company showed a loss on its trading operations last year, the factory at Lukuala (near Thysville) is having its output increased from 25,000 to 36,000 tons per annum. The company proposes eventually to increase its capacity to 50,000 tons.

Proposed New Cement Works in Brazil.

The mineral wealth of Parana has recently been the subject of study by geologists, who have discovered a large deposit of lime and clay. The Government of the State is much interested in the industrialisation and development of this deposit, and has in consequence extended the railway, Basilio-Januarao, so as to touch these lime fields. Large deposits of limestone have also been

discovered in the neighbourhood of Cap Frio to the north-east of Rio de Janeiro. Representatives of Messrs. Heilbronner & Dick, of Sao Paulo, and Messrs. Gortz & Woodger have completed plans for the erection of a large cement factory on the lagoon of Cabo Frio. It is stated that agreements in connection with this factory are already signed.

The Cement Industry in Formosa.

Exports of cement from Formosa last year decreased in value from Yen 1,068,000 (£107,000) to Yen 779,000 (£77,950). Imports increased by Yen 400,000, mostly from Japan. The factory at Takao is being enlarged at a cost of two million Yen, and when completed next year its output will be increased to 1,500,000 casks per annum, much of which will be needed in the next few years for the Lake Candidius power scheme.

The German Cement Industry.

In the course of an article in " Deutsche Allgemeine Zeitung," Dr. Riepert states that German cement sales in 1929 fell off for the whole Government territory by between 5 and 10 per cent. compared with the previous year. The industrial territory of West Germany showed a particularly sharp fall in sales. The utilisation of output in the cement industry (in the year 1928 already no more than about 60 per cent.) fell still further in 1929. It is greatly to be regretted that new cement factories are still being erected, for this still further reduces the already scarce capital of the common industry, and, as experience has shown, this leads to the complete loss of invested capital. Prices during 1929 remained firm in accordance with the stabilised rate. In spite of the increase in upkeep charges, there was no corresponding increase in price; on the contrary, there were many cases of small rebates. Exports have risen somewhat, though to a lesser degree than imports; this clearly shows the effect of making separate commercial agreements in the cement industry. Little can be said on the prospects of the cement industry for 1930. One thing is clear; although a strict reduction of expenditure is urgent, too rigorous a throttling of building activity would prove a false policy.

The West German Cement Association.

On December 18 a meeting of the West German Syndicate took place, according to the journal " Industrie und Handelzeitung," at which negotiations concerning the continuation of the cartel had a favourable result. The Bochumer-Verband gave the following communication to the Press:—

" Those firms who intended to withdraw from the Syndicate at the end of 1929 have now given their consent to renew their membership for another year. According to the original contract the Syndicate ends on December 31, 1930. This, however, has not removed the difficulties for the German cement industry. The manufacturers outside the Syndicate are always the great danger for the cartel."

This, states the journal quoted, leaves open the question whether the percentages of production of the different members have been left unchanged. Also, the position towards the Huttem Zementverband remains uncertain. Whether this cartel can be continued depends very much on the question whether the Eisen und Stahl Werke Höesch A.-G. will join or not. Portland-Zement und Kalkwerke Sachsen-Anhalt A.-G. and the Konkordia Portland-Zement und

Kalkwerke A.-G., both prominent " outsiders " operating in the West German Cement Syndicate area, may probably be joining the Syndicate for the current year.

Notes from Germany.

The majority of shares of the Portland-Cementfabrik Alemannia A.-G., of Höver, near Hanover, has passed into the possession of the Norddeutsche Portland-Cement-Fabrik, of Misburg. This is the third small concern that has been absorbed by the Norddeutsche Company.

The Tuffstein und Basaltlavawerke A.-G. trass cement company, which commenced operations in July last, is now proposing to erect a second kiln, which will bring its capacity to 235,000 tons per annum. In addition, it is proposing to erect a separate plant at Neuwied.

Portland-Zement und Kalkwerke Wulzburg A.-G. has passed into the control of the South German Syndicate through the operations of the Heidelberg-Mannheim-Stuttgart Company. The Wulzburg Company was associated with the prominent " outsider " in the West German Syndicate area, Sachsen-Anhalt, which is about to become a member of the West German Cement Syndicate.

Deutsche Eisen-Handel A.-G. has sold a portion of its shares to the iron works, Peiner Walzwerk (Arbed), the Deutsche Industriewerke A.-G., the Borsigwerke, and the Schlesische Portlandzement Industrie A.-G. It will be seen that the " Arbed " group is in indirect association with the chief German cement groups, and thus liaison has been established with nearly every important cement financial group throughout the Continent of Europe.

Developments in Japan.

The Nippon Cement Co., which underwent a financial reorganisation two years ago by the Asano Company, and capitalised at 4½ million yen, has now increased its capital to 10 million yen (£1,000,000).

The Onoda Cement Co. is erecting a plant in Korea, and another in Okayama, and is now contemplating a further factory in the prefecture of Mie. It appears that this company will be putting on to the Japanese market within the next two years a further 300,000 tons of cement and 100,000 tons on the Korean market.

Cement Production in Yugoslavia.

It is reported that of the fourteen cement works in Yugoslavia only eleven are active at present. Two factories are now in course of reorganisation, and one has definitely discontinued production. During 1928, according to figures compiled by the Chamber of Commerce and Industry of Zagreb, the output of the Yugoslavian cement works amounted to 808,442 tons, compared with 726,875 tons in 1927.

South African Developments and Dividends.

The Eastern Province Cement Co., a subsidiary to the Pretoria Company, is stated to be contemplating extensive enlargements to its plant. The works are stated to have been in continuous operation since their opening two years ago.

The Pretoria Cement Co. has declared a dividend of 30 per cent. for the year 1929.

The Cape Portland Cement Co. has declared a dividend of 7½ per cent. for the year 1929, compared with 12 per cent. for the preceding year.

VOLUME 3. NUMÉRO 2. FÉVRIER 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
LE JOURNAL INTERNATIONAL DU CIMENT EN QUATRE LANGUES.

PARTIE FRANÇAISE

PUBLIÉ PAR : CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ANGLETERRE.
Publié le 20 de chaque mois. Prix du numéro, 2 schellings.
Abonnement annuel, 24 schellings (Frs. 150), franco.

Le ciment dans le passe et dans le présent.

Par D. B. BUTLER, A.M.Inst.C.E., F.C.S.

IL est établi en toute certitude que pendant ces dernières années, il n'a été réalisé dans aucune industrie des progrès aussi marqués que ceux réalisés par le ciment Portland, aussi bien dans ce pays-ci qu'à l'Etranger. Ceci s'applique aux méthodes de fabrication en même temps qu'à la qualité de la production, mais plus particulièrement encore à cette dernière. Les perfectionnements apportés dans les méthodes de fabrication consistent principalement dans un meilleur contrôle des proportions de matières premières employées, un malaxage mécanique plus parfait de ces dernières, une combinaison chimique parfaite résultant de la calcination de ces matières premières malaxées mécaniquement, et enfin une pulvérisation beaucoup plus complète du produit final. Il y en a aussi une augmentation de l'économie, non seulement par l'installation de plus grandes unités de chaque espèce, mais aussi par une réduction plus poussée de la main-d'oeuvre; ceci s'applique plus particulièrement à l'approvisionnement en matières premières, à son acheminement vers les broyeurs malaxeurs et aussi au transport jusqu'au client du produit fabriqué. Les installations les plus modernes sont actuellement tellement " mécanisées " qu'une économie plus grande paraît presque impossible à réaliser dans ce sens.

En comparaison avec les usines " mécanisées " de ciment d'aujourd'hui, il est intéressant de rappeler sommairement ce qu'étaient les procédés d'obtention au temps où l'auteur commença à s'intéresser à l'industrie anglaise du ciment, il y a cinquante ans. En ce temps-là les seules sources de matières premières

disponibles étaient la craie et l'argile; seules, une ou deux usines de la région de Rugby employaient la pierre à chaux et le schiste argileux. On extrayait alors la craie et l'argile entièrement à la main, et on les jaugeait dans le moulin laveur à la brouette; la matière première passait ensuite dans des bacs à décantation; on la retirait ensuite pour l'étendre sur des aires à dessication chauffées par des fours à coke. La matière première ainsi séchée était acheminée vers des fours " bouteille " ou des four verticaux intermittents dans lesquels elle était chargée à la main, en couches alternées avec des couches de coke, approvisionné lui-même d'une fosse voisine au four. Le clinker était soutiré du four à la main, et acheminé vers la machine broyeuse. On mettait le ciment fini dans des sacs ou des barils qu'on dirigeait ensuite vers les wagons de chemin de fer ou vers les chalands. On n'a pas besoin d'un grand effort d'imagination pour apprécier le travail manuel exigé dans les usines à ciment de cette époque.

En ce qui concerne les progrès réalisés dans la qualité du produit, il suffit de comparer les conditions requises dans le premier Cahier des Charges type anglaise relatif au ciment Portland (publié en 1904) à la cinquième révision parue 22 ans plus tard, pour apprécier les grands progrès accomplis dans cette voie. Ci-dessous se trouvent, sous forme tabulaire, les principaux facteurs: (c'est-à-dire la finesse du broyage et la résistance à la traction) du Cahier des Charges primitif, et des cinq révisions consécutives. Les autres facteurs de temps de prise, de solidité et de composition chimique ont peu varié.

	Finesse du broyage.		Résistance à la traction par cm. carré.			
	Résidu % sur		Ciment pur.		Mortier de sable et ciment à 3 pour 1.	
	Tamis 4900 au cm².	Tamis 2500.	7 jours. kgs.	28 jours. kgs.	7 jours. kgs.	28 jours. kgs.
1904 (1ère édition) ..	22,5	3,0	28	35	8,4	16
1907 (1ère révision) ..	18,0	3,0	28	35	8,4	17,5
1910 (2ème révision)	18,0	3,0	28	35	10,5	17 5
1915 (3 ,, ,,	14,0	1,0	31,5	38	14,0	17,5
1920 (4 ,, ,,	14,0	1,0	31,5	38	14,0	17,5
1924 (5 ,, ,,	10,0	1,0	42	—	23,0	25

Il est à remarquer que pendant ces 21 années la résistance à la traction exigée du ciment en pâte pure, au bout de 7 jours, a été augmentée de 50%, tandis que pour le mortier sable-ciment à 3 pour 1, qui fournit des données plus exactes par rapport à la valeur des ciments, cette augmentation dépasse 170%. En ce qui concerne la pulvérisation, on exige qu'elle soit plus poussée, jusqu'à réduire de 55% le résidue sur tamis 4900 au cm².

Le Cahier des Charges anglais doit donner la valeur moyenne de la qualité du produit pour la période dans laquelle il est employé. Ceci a été vrai avant et pendant la guerre; mais après la guerre, il y eut des progrès dans la qualité, tellement continus et rapides que la Cahier des Charges de 1920 correspondait à une qualité bien en dessous de la qualité moyenne du produit mondial employé

un ou deux ans plus tard, et la révision de 1925 avec ses conditions exigées rendues beaucoup sévères était devenue vite périmée. La même remarque pourrait maintenant s'appliquer, sur une partie plus ou moins grande, à l'édition de 1925 dont les conditions requises sont considérablement au dessous de la qualité présente du ciment Portland, tant en ce qui concerne l'Angleterre qu'en ce qui concerne les autres pays producteurs. En jugeant d'après les matières anglaises et étrangères qui passent journellement entre les mains de l'auteur aux fins d'essai, la moyenne de la résistance à la traction au bont de 7 jours du produit mondial est actuellement bien supérieure à 56 kgs par cm^2 pour le ciment en pâte pure et 28 kgs pour le mortier sable-ciment à 3 pour 1. Il peut donc paraître avantageux de rendre à nouveau plus rigoureuses les conditions requises dans le Cahier des Charges-type anglais. En ce qui concerne la finesse du broyage, quoique le ciment fabriqué à l'étranger soit rarement aussi bien broyé que le ciment anglais, le produit anglais atteint rarement en moyenne le résidu de 5% sur tamis 4900 au cm^2 et par conséquent, le chiffre actuel de 10% figurant au Cahier des Charges anglais peut-être réduit à 7,5% tout en laissant une marge considérable au-dessus de la moyenne.

Il est à peine besoin de mentionner les progrès frappants réalisés dans ces dernières années avec l'introduction du ciment à durcissement rapide. En faisant des recherches pour un ciment résistant à l'ataque des eaux sulfureuses si destructives pour le ciment Portland ordinaire, M. Bied, un chimiste français en ciment, bien connu, a réussi à produire par des procédés de fabrication spéciaux un ciment très alumineux répondant au but proposé. En même temps, on a trouvé que ce ciment possédait la propriété remarquable de durcir plus rapidement que le ciment Portland ordinaire. En gros, ce ciment arrivait dans quelques heures à avoir un durcissement considérablement plus fort que celui atteint au bout de 28 jours par le ciment Portland ordinaire d'alors. Ce ciment alumineux à durcissement rapide attira l'attention de l'auteur en 1922, quoiqu'il était déjà employé en France depuis quelques années auparavant. Malgré qu'il soit toujours resté beaucoup plus cher que le ciment Portland ordinaire—en fait d'un prix deux fois plus grand, pour un travail urgent—sa propriété de durcir rapidement contrebalance largement son prix élevé. Une maison de fabricants anglais s'est promptement mise à l'œuvre avec une prudence et une énergie louables pour produire un ciment Portland à durcissement rapide pouvant en quelque sorte rivaliser avec le nouveau venu. Le résultat fut un succès complet. Du ciment Portland à durcissement rapide est actuellement fabriqué ayant, sauf pour les premières 24 heures, la même propriété de durcissement rapide, que le ciment alumineux. On a cherché à imiter ces deux types de ciment à durcissement rapide tant dans les pays d'origine qu'ailleurs, mais les imitateurs sont quelque peu handicapés par le fait que la matière première nécessaire à la fabrication de ce ciment alumineux est plutôt limitée actuellement à certaines régions peu nombreuses. D'un autre côté le ciment Portland à durcissement rapide peut être pratiquement fabriqué avec n'importe quelle matière première servant à produire le ciment Portland ordinaire, ce qui fait que maintenant, nombreux sont les fabricants de ciment Portland du monde entier qui produisent couramment du ciment Portland à durcissement rapide.

Le trait saillant du ciment Portland à durcissement rapide tel qu'il est fabriqué actuellement en Angleterre est son grand degré de pulvérisation; beaucoup d'échantillons soumis récemment à l'auteur aux fins d'essais se trouvaient être si finement pulvérisés qu'ils laissaient moins de 0,5% de résidu sur tamis 4900 au cm^2. Ce fait donne à penser que le tamis 4900 au cm^2 n'est pas assez fin pour mesurer le degré de la pulvérisation auquel le ciment est soumis; on peut

concevoir parfaitement que deux ciments différents peuvent laisser le même pourcentage fractionnaire de résidu sur tamis 4900 au cm² tout en possèdant un pourcentage bien différent de poudre impalpable, considérée généralement comme la partie essentielle du ciment relativement à la valeur intrinsèque de celui-ci. Le même objection était soulevée il y a 40 ans où on contrôlait la finesse du broyage au moyen du tamis 400 au cm²; 10% de résidu sur ce tamis correspondaient à un ciment bien broyé. En ce temps-là on commençait à remplacer pour le broyage du ciment les meules à pierre par des meules à pierre supérieure striée. On a trouvé quelquefois que deux ciments donnant le même résidu sur tamis 400 au cm² avaient pourtant cette différence entre eux que l'un avait été concassé juste assez pour passer à travers le tamis sans contenir pratiquement de farine de ciment, tandis que l'autre témoignait d'une pulvérisation complète; la différence entre les qualités de ces deux spécimens, considérées au point de vue ciment était très marquée, comme l'indiquait l'essai au sable. Il est donc possible que les mêmes conditions se posent de nouveau sur une certaine étendue avec l'emploi actuel du tamis 4900 au cm²; Un ciment pourrait être juste assez fin pour passer à travers le tamis 4900 au cm², tandis qu'un autre pourrait être pulvérisé à l'état de farine de ciment. Il est hors de doute que dans cet ordre d'idées, la détermination de la pulvérisation au moyen des blutoirs est loin d'être idéale; elle peut être même complètement inexacte. Il est probable qu'une méthode basée sur la séparation au moyen de courants d'air, ou par gravité au moyen de courants-liquides pourrait donner ici des résultats plus comparables; mais là aussi, tout dépendra de la direction et de la force exactes du courant d'air ou du fluide agissant sur la poudre, et quelque soit l'appareil adopté, il faudra l'étalonner très soigneusement avant qu'on puisse l'accepter sans réserves. Une difficulté apportée par l'emploi des séparateurs à air ou à liquide consiste en ce que dans le cas où le ciment aurait subi le moindre degré d'éventation ou de prise à l'air les résultats se trouveront complètement faussés car le courant d'air ou d'eau n'aurait pas la force nécessaire pour détruire la coagulation et rendre le ciment entièrement à l'état de farine. Le résidu restant sur le tamis d'un ciment complètement éventé montre sous le microscope des particules de farine hydratés adhérant aux particules grossières de ciment concassé, ce qui constitue une deuxième source d'erreur. Par conséquent, et en gros, il semble que les méthodes de détermination de la pulvérisation par l'air ou par l'eau ont surtout de la valeur pour le fabricant dans la vérification et le contrôle de ses machines à pulvériser; étant donné qu'il a constamment à contrôler le ciment fraîchement broyé, l'imprécision dûe à la présence de particules déjà prises à l'air n'est pas à considérer et puisque l'appareil est réglé pour une valeur connue, on en tire des indications précieuses concernant la bonne ou la mauvaise marche des machines broyeuses.

Comme conclusion l'auteur voudrait insister sur le besoin qu'il y a à uniformiser les méthodes d'essai dans les pays grands producteurs et grands consommateurs de ciment. Cette uniformisation a été rarement réalisée sauf par ceux qui sont appelés fréquement à faire des essais d'un même ciment. Avec les spécifications différentes des gouvernements de pays différents, on arrive à des divergences énormes dans les résultats même en ce qui concerne de simples essais de traction. Il s'ensuit qu'avant d'accepter des contrats dans un autre pays, le fournisseur doit s'informer avec prudence de combien les méthodes d'essai dans un pays étranger peuvent affecter les chiffres spécifiés. S'il se basait uniquement sur les essais effectués au moyen des méthodes en vogue dans le pays d'origine du ciment, il pourrait avoir la fâcheuse surprise de voir sa livraison refusée à l'arrivée.

Le four rotatif.

Par A. C. DAVIS, M.Inst.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.

(*Administrateur Générale, Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.*)

Le four rotatif moderne, dont l'emploi est actuellement général dans la fabrication du ciment a révolutionné l'industrie. C'est le procédé de cuisson le plus scientifique et le plus efficacé qui ait été introduit dans l'industrie depuis que l'on commence à connaître le ciment Portland.

Le four rotatif trouve un emploi général en Angleterre ainsi que dans tous les autres pays; on a dit qu'il constituait la seule invention d'importance dans l'industrie depuis l'utilisation pour le broyage des broyeurs à boulets et des tubes broyeurs. Qu'il soit possible cependant d'apporter de nouvelles améliorations dans la fabrication du ciment Portland, cela va sans dire, car même avec l'emploi du four rotatif, la fabrication est une opération technique coûteuse, nécessitant un gros capital, un coût de production élevé, et un entretien constant du matériel. Avec les fours actuels il est certain qu'une économie plus grande de combustible est à désirer, sans parler d'autres améliorations qui seront apportées à mesure que l'expérience et le temps en auront démontré la nécessité ou l'opportunité.

Plus de 90% du ciment fabriqué aux Etats-Unis est produit au moyen du four rotatif, et dans la plupart des usines d'Angleterre ce four seul a été adopté. Plusieurs vieilles usines ont installé le four rotatif pour la cuisson du ciment, et toutes les nouvelles usines adoptent ce procédé. Le ciment provenant de fours rotatifs, quoiqu'il constitue un progrès relativement récent, a donné des preuves suffisantes aux points de vue scientifique et pratique pour être appelé à devenir le produit de l'avenir. Plaider en faveur de l'usage de ce ciment est donc superflu, la science étant là pour prouver sa qualité et toute la pratique pour montrer sa supériorité. Son droit à la priorité est donc effectivement établi et nous pouvons affirmer, sans crainte d'être contredits que ce ciment reste actuellement le maître du terrain.

La matière produite par le four rotatif a l'avantage de posséder deux qualités marquantes: sa résistance à la traction et son manque de tendance à l'extension. Ce résultat était néanmoins à prévoir car à côté de l'économie qu'il apporte dans le travail, le grand avantage de ce four réside en ce que la calcination reste sous la surveillance entière de l'opérateur, qui peut la contrôler avec exactitude. En modifiant la vitesse de rotation du cylindre en diminuant ou en augmentant le débit d'alimentation en matière première, ou en faisant varier la force de la flamme et la quantité de combustible, l'opérateur est en mesure de régler la cuisson à n'importe quel degré désiré. Avec les vieux fours intermitents un tel arrangement n'était pas possible car, une fois le four chargé et allumé, la calcination devenait automatique, pour le mieux ou pour le pire, et la qualité du produit résultant devenait aléatoire.

Le four rotatif employé dans la cuisson du ciment consiste en un tube cylindrique légèrement incliné constitué par des plaques d'acier de 2 cm d'épaisseur. Sa longueur s'étend entre 30 m et 120 mètres et son diamètre entre 1 m 83 et 3 mètres 65 suivant le débit désiré. Le tableau 1 donne les dimensions et débits approximatifs de quelques types de fours utilisant la voie humide.

TABLEAU 1.

Longueur.	Diamètre.	Débit approximatif.
30m	1m80	2 tonnes par heure
45m	2m30	4,5 ,, ,, ,,
61m	2m75	8 ,, ,, ,,
70m	2m90	9 ,, ,, ,,
76m	3m30	15 ,, ,, ,,

Les diamètres donnés dans ce tableau sont pris sur la plus grande longueur du four, mais presque tous les fours modernes ont une zone de cuisson élargie, avec un diamètre de 0 m. 30 à 0 m. 60 plus grand que le reste du four (voir page 277, Fig. 1, "Four tournant avec zone de cuisson élargie"). Ces diamètres sont mesurés sans compter une épaisseur de briques réfractaires de 0 m. 15 en moyenne, étayées le long du four.

Le long cylindre a une inclinaison de 1/25 ou de 1/30 sur l'horizontale. Il est monté sur 4 ou 5 groupes de bandages circulaires (selon la longueur) qui roulent sur des rouleaux massifs. Le four tourne lentement actionné par un train d'engrenages à raison d'un tour par minute, ou toutes les 2,5 minutes (Voir page 278, Fig. 2, " Engrenage moteur du four rotatif"). Aux endroits du four où sont adaptés les bandages et les couronnes d'engrenages, le tube est renforcé par des plaques additionnelles.

Les matériaux servant à fabriquer le ciment sont introduits d'une façon continué dans le four rotatif á l'aide d'un conduit adapté à l'extrémité supérieure (voir page 278, Fig. 3, " Formes anciennes des bouches d'alimentation en matières premières des fours rotatifs "). Ils sont introduits sous forme de pâte ou de poudre sèche suivant le procédé adopté pour la préparation et le malaxage de la matière première, et progressent grâce à leur poids, d'un bout à l'autre du four. Des élévateurs sont adaptés en vue de répandre la matière première au moment de son introduction dans le four et au moment de sa rencontre avec les gaz chauds. En Angleterre on emploie comme combustible du charbon finement pulvérisé qu'on introduit dans l'extrémité inférieure du four au moyen d'un courant d'air produit par un ventilateur.

Quand le four est mis en marche, le charbon pulvérisé brûle et la température de l'extrémité inférieure du cylindre est portée au blanc. La matière première est introduite dans le four et comme elle descend graduellement dans la zone chaude produite par la combustion parfaite du charbon pulvérisé introduit par l'autre extrémité, elle part avec l'eau qui se trouve en sa présence, atteint la température du rouge à mesure qu'elle s'approche du centre du cylindre, perd son gaz carbonique, forme de petites boules rondes qui arrivent à la température du blanc dans la partie inférieure, et finalement sort sous forme de clinker, ayant le volume d'un gros pois. Le température maximum se trouve évidement à côté du jet de combustible, à l'extrémité inférieure du four.

La proportion des dimensions du four rotatif a été l'objet de discussions à travers l'histoire du four. Les premiers fours avaient le même diamètre sur toute leur longueur, mais dans la première décade du siècle, ils furent modifiés. D'abord, l'extrémité où se fait l'alimentation fut agrandie (voir page 280, Fig. 4, "Anciens fours rotatifs avec extrémités d'alimentation élargies") ensuite, la partie la plus chaude du four, connue sous le nom de zone de cuisson a été élargie sur une longueur de 6 m. à 9 m. en donnant au diamètre un accroissement de 0 m. 30 à 0 m. 45 (Voir page 277, Fig. 1, " Four tournant avec zone de cuisson élargie "). Cet élargissement a été fait dans un double but: 1°, disposer d'un plus grand espace pour le séchage de la matière première, opération qui demande le maximum d'espace possible; 2°, augmenter le débit de clinker et diminuer le dégât produit par la formation des

croûtes du clinker. Ces croûtes sont des accumulations de clinker sur la surface des briques réfractaires tapissant l'intérieur du four. Elles se rassemblent pour former une couche pouvant atteindre 0 m. 30 à 0 m. 60 d'épaisseur, à tel point que les matières ne peuvent plus glisser le long du four, et l'opération doit être arrêtée. En donnant à la zone de cuisson le plus grand diamètre possible, on augmente l'espace offert aux croûtes de clinker formées et le glissement des matières le long du cylindre est beaucoup moins entravé. Les fours rotatifs actuels sont encore caractérisés par une zone de cuisson élargie. La tendance actuelle est de donner au diamètre de cette zone 0 m. 60 de plus que le reste du four.

Pendant ces quelques dernières années, on a recommandé l'élargissement de la partie appelée " zone de calcination " élargissement qui est actuellement mis en pratique. (Voir page 281, Fig. 5, " Four rotatif avec zone de calcination élargie "). Le but de cet élargissement est de procurer un espace additionnel, à la décomposition du carbonate de chaux, opération des plus difficiles. Cette opération nécessite une température minimum de 810° C. et absorbe une grande quantité de chaleur, beaucoup plus grande que celle absorbée dans la formation du clinker. Le zone de calcination se trouvant à côté de la zone de cuisson et presque au milieu du four, un compromis entre les partisans de l'élargissement de la zone de cuisson et ceux de la zone de calcination a eu pour résultat l'aménagement d'une longue zone élargie unique, dont la moitié sert pour la cuisson et l'autre moitié pour la calcination.

La nécessité de donner un espace additionnel à la zone de séchage a fait revivre l'idée d'élargir celle-ci et quelques fours ont été construits en élargissant l'extrémité supérieure du four par où se fait l'alimentation en matière première. Dans les premiers temps du développement du four rotatif, les constructeurs portèrent leur attention plutôt sur la valeur du débit en clinker que sur l'efficacité du chauffage. Ce fut plus tard que l'on commença à porter sur ces deux facteurs une attention égale.

Puisque nous envisageons d'un point de vue général l'étude du four rotatif, il est évident que plus les fours sont grands, plus le coût de la main d'oeuvre par tonne de produit fabriqué est faible, car il faut à peu près le même personnel pour faire marcher deux à trois grands fours ayant un débit total de 30 tonnes par heure, que pour un seul four, ayant un débit de 2 ou 3 tonnes par heure.

Refroidisseurs à Clinkers.

Le clinker chaud sortant du four rotatif à la température du rouge est refroidi économiquement de manière que l'air chauffé par cette réfrigération puisse servir à la combustion. Les vieux fours rotatifs sont équipés avec des refroidisseurs situés immédiatement en dessous, et le clinker y tombe directement (Voir page 282, Fig. 6, " Coupe de l'ensemble d'un four ancien avec refroidisseur en dessous," et 7, " Fours rotatifs avec refroidisseurs séparés inférieurs "). Les refroidisseurs sont des tubes cylindriques semblables aux fours, mais beaucoup plus petits. (Voir page 283, Fig. 8, " Extrémité de vidange de types récents de refroidisseurs à clinker.") Ils sont actionnés par un engrenage, tout comme les fours, et les extrémités les plus chaudes sont garnies de briques, tandis que la moitié inférieure est généralement doublée de plaques de tôle, et équipée avec des élévateurs (voir page 284, Fig. 9, " Vue intérieure d'un refroidisseur rotatif à clinker montrant les élévateurs ") qui élèvent le clinker chaud le long de la paroi du refroidisseur pour le faire tomber en cascade à travers un courant d'air dirigé dans le sens opposé à celui du clinker. Cet

air ainsi chauffé servira pour la combustion dans le four rotatif. Pendant ces quelques dernières années, une nouvelle disposition de refroidisseur a été adoptée. Dans sa forme la plus simple, ce refroidisseur est constitué par un allongement du four rotatif. Pour que cette partie inférieure du four rotatif fonctionne comme refroidisseur, la conduite amenant le jet d'air et de charbon est allongé d'environ 6 m.; la combustion ne doit ainsi commencer dans le four qu'à 6 m. de hauteur, permettant à la portion inférieure d'agir entièrement comme refroidisseur.

L'avantage de ce type de refroidisseur apparaît dans le prix de revient et dans l'efficacité. Il permet de construire le four rotatif à partir du niveau du sol au lieu d'avoir à lui donner une certaine hauteur pour aménager un refroidisseur en dessous. De plus, les pertes de chaleur par rayonnement se produisant entre les extrémités du four et du réfrigérant pendant le passage du clinker de l'un à l'autre sont ainsi évitées. Quelques constructeurs ont perfectionné ce genre de refroidisseur par l'adaptation autour du cylindre du four d'un nombre de tuyaux réfrigérants auxiliaires (Voir page 285, Fig. 10, "Four rotatif avec refroidisseur en prolongement"). Il est probable qu'on n'est pas encore arrivé au terme final dans les perfectionnements de ce type de refroidisseur. Toutefois, il semble qu'on a définitivement réjeté l'emploi du refroidisseur séparé, devenu maintenant archaïque, dans la construction des nouveaux fours.

Revenons au refroidisseur séparé, qui forme certainement la majorité des refroidisseurs existant actuellement. On a beaucoup discuté sur la question de faire rentrer l'air nécessaire au refroidissement du clinker dans le refroidisseur et par la suite dans le four, soit par l'action du tirage de la cheminée du four, soit par insufflation forcée au moyen d'un ventilateur (Voir page 286, Fig. 11, "Refroidisseur à clinker sous conduite forcée"). Le deuxième méthode a l'avantage de mieux permettre le contrôle de l'alimentation en air, quoiqu'elle constitue une consommation de travail inexistante avec la première méthode.

Le clinker pénètre dans le refroidisseur à la température de 1100° C. environ; un refroidisseur efficace doit le rendre à une température à laquelle il peut être manié tout en portant l'air servant à la combustion à la température de 375° C. environ. Etant donné que le clinker sortant du four emmagasine une quantité de chaleur équivalente à 5 parties de charbon pour 100 parties de clinker, il faut admettre que la récupération de la chaleur dans les refroidisseurs est d'une grande importance.

Au total, les fours rotatifs ne peuvent pas prétendre à une économie dans la consommation de combustible; celle-ci y est de 24-26 kg de charbon (charbon sec à 7000 kcal/kg) pour 100 kg de clinker tandis qu'elle est de 15 à 20 kg de charbon dans les fours verticaux. D'un autre côte les fours rotatifs possèdent à l'encontre des fours rigides un avantage marqué dans le coût inférieur de la main d'œuvre et dans la plus grande facilité qu'ils ont de donner du ciment de haute qualité.

Revêtement du four Rotatif.

Les fours rotatifs ont été introduits dans le commerce à la fin du siècle dernier et les premières difficultés venaient surtout du revêtement de tels fours. La température maximum atteinte dans ces fours approche 1650° C. ce qui nécessite l'emploi de briques très réfractaires. A cette haute température vient s'ajouter l'usure mécanique dûe à l'écoulement du clinker sur la surface des briques et, cause de destruction encore plus grande, la fusion résultant de l'action du clinker basique sur les briques acides. Cette fusion résulte de la fo

mation de corps composés de chaux (dérivée du ciment), de silice et d'alumine, dérivées des briques réfractaires, et dont le point de fusion ne dépasse guère 1100° C. en sorte que si cette fusion n'est pas empêchée, un revêtement en briques (du type acide) dans un four rotatif ne pourrait durer plusieurs jours. Il était donc nécessaire de développer une technique consistant à enduire le revêtement avec une couche de ciment en clinker pendant le fonctionnement du four et d'entraîner les premiers opérateurs à la pratique de cette opération. On a trouvé que la fusion cessait lorsque la couche de clinker englobant le revêtement de briques atteignait 5 cm. à 8 cm.; le four pouvait alors fonctionner pour un temps considérable sans renouvellement du revêtement. Cependant toutes les fois que le four était arrêté et refroidi, l'enduit tombait et entraînait généralement avec lui une couche de briques. Ainsi, avec des arrêts et des troubles d'ordre mécanique, la vie moyenne du revêtement de la zone de cuisson dans le four rotatif était inférieure à 6 mois, les briques étant du type acide.

Pendant les dernières années, on a employé pour revêtir la zone de cuisson des briques contenant 60 à 70% d'alumine. Ces briques étant presque neutres au point de vue chimique, l'action fondante entre eux et le clinker est minime. Des revêtements avec ces briques alumineuses ne demandent par conséquent à être renouvelés que tous les ans.

Ces briques alumineuses, appelées parfois briques à la bauxite sont fabriquées avec de la bauxite naturelle ou d'autres minerais de composition semblable, et demandent une cuisson fort. La matière convenable ne se trouvant pas en Angleterre on doit importer la matière première ou les briques elles-mêmes. Ce qui fait qu'avec le degré élevé de température nécessaire à leur cuisson, ces briques reviennent beaucoup plus cher que les briques anglaises. L'expérience a pourtant prouvé que le prix élevé de ces briques est entièrement contrebalancé par leur plus grande durée dans la pratique.

Des briques magnésiennes, où la magnésie entre pour une grande part dans leur constitution ont été essayées dans les premiers fours rotatifs. Elles n'ont pas été employées sur une grande échelle, étant donné leur prix élevé et leur tendance à s'éffriter, qui raccourcit leur durée d'emploi. Le revêtement en briques spéciales doit être limité à la zone de cuisson, qui constitue le quart du four entier. Les trois quarts restants peuvent très bien être revêtus par des briques refractaires ordinaires, car la température dans ces parties supérieures du four n'est pas assez grande pour attaquer ces briques réfractaires, pour occasionner la fusion ci-dessus décrite. La partie supérieure du four qui contient seulement de la matière première humide ou partiellement séchée est quelquefois revêtue par du béton situé à cet endroit même et qui est réputé être le revêtement convenant à cette zone.

Allumage du Charbon.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le four rotatif est chauffé par la flamme produite en brûlant du charbon finement pulvérisé. Un appareil d'insufflation est monté près de l'extrémité chaude du four. L'air insufflé est canalisé par un tuyau d'environ 22,5 cm. de diamètre dans lequel se déverse le charbon nécessaire au chauffage (voir page 287, Fig. 12, " Extrémité de combustion du four, montrant le conduit d'alimentation en charbon ").

Le mélange d'air et de charbon est allumé peu après avoir quitté le tuyau et réalise une température de flamme élevée. Dans certains cas, le ventilateur est disposé de façon à aspirer l'air chaud provenant du réfrigérant de sorte que le mélange air-charbon s'allume plus rapidement en débouchant dans le four. On obtient ainsi

une flamme plus chaude en même temps qu'on récupère une certaine quantité de chaleur provenant du clinker qui se refroidit. Dans d'autres cas, le ventilateur puise sa provision d'air du broyeur et du séchoir à charbon, réalisant ainsi la ventilation nécessaire de ces machines.

Le Broyeur à Charbon.

Pour obtenir un charbon finement pulvérisé capable de s'enflammer rapidement, comme l'exige l'usage du four rotatif, il faut que le charbon soit sec et finement broyé. Cela exige le séchage et le broyage du charbon provenant des houillères. C'est depuis quelques années seulement que l'emploi des séchoirs à charbon s'est imposé. Ils étaient constitués habituellement par des tambours tournants, de 12 m. de longueur et de 1 m. 20 de diamètre où le charbon montait grâce à la rotation. De l'air chaud envoyé par le refroidisseur à clinker, ou des gaz chauds de cheminée provenant d'un foyer spécialement disposé passaient à l'extérieur du tambour (qui est lui-même placé à l'intérieur d'une chambre en briques) puis pénétraient dans le tambour (voir page 289, Fig. 14, " Séchoir tournant à charbon (pendant sa construction) montrant le tuyau central," et 15, " Bouche d'alimentation du séchoir tournant à charbon "). Le vapeur d'eau provenant du charbon se dégageait à l'air libre ou était aspirée par le ventilateur dans le four. Ce procédé de séchage s'est montré quelque peu inefficace, étant donné que des précautions doivent être prises pour que la température dans le tambour dessicateur ne soit pas assez élevée pour déterminer l'inflammation du charbon. L'évaporation de l'eau dépassait rarement 2 kg par kg de charbon. Le charbon passait ensuite de ce tambour dans les broyeurs à boulets, ou tubulaires. Après le broyeur, le charbon passait sous forme de poudre fine dans des trémies avant d'alimenter le four.

On a trouvé que l'allumage rapide du charbon dans le four était de haute importance et l'un des moyens d'atteindre ce but fut la pulvérisation du charbon. Ces derniers temps de nouvelles machines à la fois dessicatrices et pulvérisatrices sont devenues d'usage courant (voir page 290, Fig. 16, " La machine dessicatrice-pulvératrice "). Ces machines prennent du petit charbon (encore non séché) tel qu'il est livré par les houillères, les pulvérisent et les injectent dans le four rotatif. Elles remplissent aussi les fonctions du broyeur, du dessicateur et de l'appareil d'insufflation nécessités dans les premières installations. Ces machines prennent quelquefois la forme de désagrégateurs à grande vitesse munis de disques tournant autour d'un pivot horizontal, ou sont constituées par une combinaison de petits broyeurs à boulets ou tubulaires avec un cyclone séparateur. Dans les deux cas, il faut que l'air chaud du refroidisseur à clinker puisse être aspiré dans les broyeurs pour faciliter le broyage du charbon humide. Quand on emploie le cyclone, la masse du charbon pulvérisé est isolée et emmagasinée dans des trémies. Ces machines ne sont plus qualifiées pour le traitement du charbon contenant plus de 10% d'humidité; de plus elles ne sont pas appropriées au broyage très fin que peut nécessiter l'usage de certaines classes de combustibles.

La Qualité du Charbon.

On peut dire, dans un certain sens, que n'importe quelle qualité de charbon peut être employée pour chauffer les fours rotatifs à ciment, à condition de faire subir à ce charbon le traitement convenable avant de l'injecter dans le four. Néanmoins, en tenant compte solidairement du prix et de la qualité, le charbon idéal à employer pour la cuisson du ciment, serait celui qui contiendrait moins de 5% d'humidité, et qui donnerait 10% de cendres au plus et un minimum de 20% de matières

volatiles. Un tel charbon peut être employé avec succès s'il est broyé avec un résidu d'environ 20% sur tamis 4900 au cm². Il y a cependant des cas de charbons à résidu dépassant le 30% sur tamis 4900 au cm² et qui ont donné des résultats satisfaisants, quoique pour ces cas, la cendre que donne le charbon grossièrement broyé tend à s'accumuler dans une région du four pour former des agglomérats avec le clinker. De plus, il se peut que leur inflammation ne se fasse pas rapidement, fait qui a son importance dans l'efficacité du chauffage. D'un autre côté, il est possible d'employer du charbon contenant moins de 20% de matières volatiles, pourvu que le broyage ait été porté au degré de finesse nécessaire à la rapidité de l'inflammation; on arrive dans quelques usines à avoir un résidu de 5% sur tamis 4900 au cm². Reste à savoir si le travail dépensé dans un broyage tellement fin est contrebalancé par le bon marché du charbon contenant une petite proportion de matières volatiles. Le pourcentage des cendres données par le charbon des fours rotatifs doit varier sur une grande échelle. Des fours rotatifs, chauffés occasionnellement avec du charbon donnant 25% de cendre ont donné des résultats pleinement satisfaisants. Il est à remarquer toutefois que les cendres se mélangent facilement avec les matières premières de la fabrication du ciment en altérant leur composition chimique, de sorte que le chimiste doit arranger la composition du mélange de matières premières en calculant que leur mixture avec les cendres donnera la composition finale du ciment.

Les Elévateurs à Matière Première.

Nous avons parlé précédement des élévateurs à matière première se trouvant à l'intérieur de l'extrémité d'alimentation du four rotatif et servant à la fois à répandre la matière première et à la mélanger plus intimement avec les gaz chauds montant dans le four. Dans le procédé humide, si on n'a pas recours pour distribuer la matière première à des élévateurs ou à d'autres engins similaires, les gaz quittant le four pourraient atteindre une température de 500° C, et même plus, ce qui entraîne une grande perte de chaleur. De sorte que beaucoup de recherches ont été consacrées aux élévateurs de conception diverses, en ce qui concerne leur emploi pour la distribution de la matière première et son mélange intime avec les gaz chauds.

Ces élévateurs prennent la forme, soit de godets attachés à la paroi intérieure du four, soit de diaphragmes étoilés occupant une section droite du four, soit d'un tube unique concentrique ou de groupes de tubes, soit de festons de chaînes très lâches, suspendues dans l'intérieur du four, disposition introduite il y a quelques années (voir page 288, Fig. 13, " Intérieur d'un four rotatif aménagé avec des élévateurs à chaînes "). Le type d'élévateur doit être choisi en rapport avec la nature de la matière première. Avec de la matière première visqueuse l'élévateur doit être du type le plus simple, autrement il y aurait danger d'accumulation de matière première, ce qui obstrue le tirage à travers le four, tandis qu'avec une matière plus friable, on peut employer avantageusement des élévateurs plus compliqués.

Les élévateurs bien construits peuvent ramener la température des gaz quittant le four à 250° C. environ. Il est clair que l'installation des élévateurs à l'intérieur du four crée une obstruction au passage des gaz chauds à travers le four. Dans les cas où on emploie des élévateurs compliqués, un ventilateur est nécessaire pour aider au passage des gaz. Quoique le four tournant soit employé depuis une trentaine d'années, il ne s'est pas encore établi un accord général relatif à la technique de la cuisson. La nature de la flamme employée peut varier d'une manière considérable par des modifications de la conduite d'injection du combustible et de sa position, ainsi que de la proportion entre l'air péné-

trant dans le four à travers le tuyau d'alimentation et l'air secondaire montant dans le refroidisseur à clinker. Il y a probablement plusieurs moyens pour atteindre le même but, mais il y a une amélioration notable dans l'efficacité du chauffage des fours tournants d'aujourd'hui comparés avec ceux d'il y a 5 ans. Un exemple des résultats acquis est que les constructeurs de fours peuvent garantir actuellement une consommation de charbon maximum de 24% pour produire du clinker à partir de matières premières contenant 40% d'eau au plus. Avec les anciens types de fours la consommation en charbon était d'au moins 29%.

Contrôle Scientifique du four Rotatif.

Dans les premiers temps de développement du four rotatif, le contrôle s'opérait suivant des règles établies par tâtonnement; dans ces derniers temps, le contrôle de la combustion est devenu scientifique avec un avantage d'économie considérable. Il est établi que dans n'importe quelle industrie, le charbon n'est pas brûlé avec la perfection de combustion obtenue dans les fours rotatifs bien contrôlés, car de tels fours débitent les produits de la combustion pratiquement sans excès d'air et sans excès de charbon non consumé.

Pour obtenir une combustion ainsi parfaite, il faut analyser constamment les gaz quittant le four. Cette analyse est faite au moyen d'appareils électriques qui prennent des échantillons de gaz et enregistrent continuellement les proportions de CO^2, d'oxygène, et de CO. Le chimiste est ainsi en mesure de découvrir s'il y a combustion incomplète et d'y remédier en agissant sur l'alimentation en air.

Dans les meilleurs fours rotatifs en usage, il existe une perte considérable de chaleur dûe à la température élevée des gaz quittant le four. On a besoin là encore d'un enregistrement continuel de la température pour prévenir des pertes évitables. Un four bien conçu doit dégager ses gaz à moins de 210° C tandis que dans certains vieux fours, cette température peut atteindre 500° C, ce qui entraîne une perte d'environ 5 tonnes de charbon pour 100 tonnes de clinker, en comparaison avec les fours plus efficaces.

Un autre facteur important dans l'efficacité des opérations est le contrôle de l'alimentation en air, par lequel on doit s'assurer que la plus grande partie de l'air destiné à la combustion a été préalablement chauffé par le clinker qui sort du four. Ce contrôle demande l'emploi de jaugeurs indiquant le débit du courant d'air. Le contrôleur doit avoir pour but l'obtention d'une alimentation uniforme de charbon et d'air injectés dans le four, de façon à ne plus avoir à faire de réglages: on peut obtenir ainsi un débit constant de clinker formé. En pratique, toutefois, ce but n'est pas atteint, à cause des variations du débit en matières premières entrant dans le four et de la variation de la qualité du charbon. Il est donc indispensable d'avoir des facilités de réglage. Ce réglage peut être obtenu en agissant sur le débit de la matière première et sur la qualité du charbon, mais le moyen le plus courant est de modifier la vitesse de rotation du four, permettant à volonté l'accélération ou le retard d'écoulement des matières premières. La perte de chaleur dûe à la température élevée des gaz de cheminée a été déjà mentionnée. La deuxième cause de perte importante est probablement le rayonnement des surfaces du four et du refroidisseur. On pense qu'un tel rayonnement est généralement équivalent à environ 4 tonnes de charbon pour 100 tonnes de clinker. Quelques tentatives pour rendre cette perte minimum ont été faites en isolant l'ossature du four. Pour cela, on dispose habituellement de couches d'une matière isolante entre le revêtement de briques réfractaires et l'ossature en tôle du four. Dans

quelques cas, la chaleur rayonnée par le four a été employée pour le séchage du charbon.

Nous avons ainsi établi les divers perfectionnements apportés dans la construction des fours tournants modernes. Au point de vue économie, il a été fait plus de progrès, en ce qui concerne ce four, pendant les cinq dernières années que pendant la décade qui les a précédées. Dans la fabrication économique et scientifique du ciment, l'industrie du Royaume-Uni peut en vérité rivaliser avec celle de n'importe quel autre pays du monde.

NOTE DE L'EDITEUR.

L'editeur du " Cement and Cement Manufacture " international invite les lecteurs de ce journal à lui soumettre des articles en vue de leur publication. Les manuscrits peuvent lui être adressés en Anglais, Français, Allemand ou Espagnol; ils seront traduits dans les trois autres langues par des traducteurs spécialistes.

Ces articles auront trait à toutes les nouvelles idées ou développements sur la fabrication, la chimie ou l'essai des ciments, ou à tous les sujets d'un intérêt général pour l'industrie du ciment. On demande aussi des descriptions et des illustrations de nouvelles usines à ciment dans toutes les parties du monde.

Les constructeurs de matériel d'usine pour la fabrication du ciment sont également invités à nous soumettre toutes les informations et illustrations se rapportant au nouveau matériel qu'ils auraient construit et à son installation. Ces articles devront être adressés à: The Editor, " Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, Angleterre, sous pli recommandé.

"Plaintes" au sujet du ciment.—I.

Analyse des Recherches.

par H. A. HOLT.

Le diagnostic des causes d'insuccès dans le béton exige quelquefois de la part de celui qui en fait les recherches, un grand pouvoir d'imagination. Il semble que l'idée ait encore cours, que tant qu'il y a présence de ciment, en si faible quantité que ce soit, la nature des autres composants n'est d'aucune importance, pourvu que la masse soit suffisante. L'excellence du ciment Portland moderne est jusqu'à un certain point responsable du développement de cette idée puisqu'il est quelquefois suffisamment fort pour triompher de l'influence nuisible de mauvais aggrégats ou d'une main-d'oeuvre inférieure. Il soutient le béton par lui-même et le rend peut-être juste capable de satisfaire une spécification peu serrée. Un tel béton n'est pas satisfaisant et il est rare qu'à la longue, il soit économique.

Naturellement, ces cas sont de loin la minorité. Le niveau de qualité du béton fait dans ce pays monte régulièrement à mesure que les architectes et les ingénieurs apprécient l'importance d'éléments tels que le choix soigné d'aggrégat et de sable, le contrôle de l'eau de mélange ainsi que les façons de procéder, et de plus en plus ils introduisent dans leur spécification des clauses garantissant ces éléments essentiels.

Les résultats d'examens de laboratoire et d'analyses de nombreux échantillons de béton défectueux ont montré l'existence de beaucoup de fautes distinctes et différentes dont n'importe laquelle eut pu être la cause de l'insuccès. Pour 47 des 400 échantillons examinés, il fut impossible de trouver la cause d'insuccès. On trouva environ 629 causes différentes d'insuccès pour 353 échantillons de béton défectueux, ce qui montre que dans la grande majorité des cas, la mauvaise qualité du béton était dûe, non à un seul facteur, mais à une combinaison de facteurs qui, réunis, s'étaient manifestés par un béton si peu résistant qu'il ait donné lieu à réclamation. On voit donc, d'après ce qui précède, qu'une recherche n'est pas complète, tant qu'on n'a pas examiné toute cause qui raisonnablement peut-être une cause de dommage. Si l'on met fin aux recherches après la découverte d'une première faute, on peut en conséquence laisser très bien passer une faute beaucoup plus dangereuse. Il faudrait bien comprendre que les recherches que nous allons décrire n'avaient pas trait à des ruptures d'édifices en béton, mais pour la plupart à des plaintes sur la qualité insuffisante du béton pendant la mise en oeuvre ou dans la production d'objets en béton.

Le fabricant de béton de peu d'expérience, s'il trouve que son béton n'est pas tout à fait ce qu'il devrait être, commencera par en accuser le ciment avec une régularité monotone, oubliant tout à fait que le ciment est le seul composant de son béton qui ait été fait scientifiquement, sous le contrôle de chimistes avertis et qu'il y a beaucoup de fautes capables d'avoir pu être causes de l'insuccès selon une plus grande vraisemblance, en ce qui touche un mauvais aggrégat ou une main-d'oeuvre peu soigneuse. Sur les 400 bétons examinés, un seul cas d'insuccès était dû à un mauvais ciment et la cause résidait dans le fait que le ciment était à prise trop rapide. Dans six cas, on trouva que le ciment était éventé, mais ceci était dû à un stockage prolongé, ou fait dans de mauvaises conditions sur le chantier ou au dépôt d'approvisionnement.

Causes de Béton Défectueux.

Pour 56% des cas, environ, la cause de la mauvaise qualité du béton était sous une forme ou sous une autre dûe à la mauvaise qualité de la main-d'oeuvre: pour le reste des cas, dûe à la mauvaise qualité des matériaux. Nous donnons ci-dessous, pour les 400 échantillons examinés, une liste des fautes, autant que possible par ordre d'importance.

83 (20,7%) Proportion de ciment trop faible dans le mélange, ce qui se traduit par un béton ou un mortier peu résistant et poreux.

49 (12,3%). Aggrégats souillés de matières organiques, provoquant un retard dans le durcissement du ciment, et dans des cas extrêmes, une absence totale de durcissement. Le nombre en serait plus grand, si ce n'était l'impossibilité fréquente de découvrir par l'analyse du béton, des matières organiques dans un aggrégat.

48 (12%). Mauvais mélange, ou insuffisance du temps de malaxage, provoquant une répartition non homogène du ciment et du sable, avec comme conséquence " indurations " et trous par l'aggrégat.

47 (11,75%). Il fut impossible de retrouver la trace de la cause d'insuccès. Pour beaucoup de ces cas, il fut possible d'en présumer la cause, mais impossible de la prouver, et souvent par manque d'information sur les circonstances entourant l'insuccès. Il est probable que pour d'autres de ces cas la cause en fut à la présence de matières organiques dans l'aggrégat, comme nous l'avons montré plus haut. Les échantillons étaient trop petits et non caractéristiques, les descriptions inexactes ou bien il manquait pour faire les recherches, la connaissance de quelque circonstance locale en rapport avec l'ouvrage et qu'on avait omis de signaler.

43 (10,75%). Excès de glaise ou d'argile dans le sable ou l'aggrégat, sous une forme propre à causer la formation de blocs de sable, ou à recouvrir l'aggrégat d'une pellicule, ce qui empêche une adhérence parfaite au ciment. Sous ce rapport la forme sous laquelle se présentent la glaise ou l'argile est beaucoup plus importante que leur quantité effective. Une petite quantité de glaise est beaucoup plus nuisible, si elle forme une pellicule autour de l'aggrégat, qu'une quantité relativement plus grande sous forme d'une poudre libre, pourvu naturellement qu'elle ne soit pas chimiquement nuisible.

36 (9%). Sables beaucoup trop fins, ou présence en excès d'une poussière fine de nature farineuse dans les aggrégats de roche; c'est une faute répandue. Il en résulte un mortier de faible résistance de structure et qui en règle générale n'adhère pas bien au gravier. Une certaine proportion de sable fin est essentielle, mais pas plus nécessaire qu'une proportion plus grande de gros sable. On ne trouva que deux (0,5%) cas seulement où l'on avait employé un sable trop gros sans une quantité suffisante de sable fin. Il en était résulté un béton poreux avec un mauvais parement, vu le peu de mortier riche qui pouvait être travaillé à la surface.

25 (8,7%). Cas d'un excès d'eau de mélange ce qui eut pour résultat une sérieuse diminution dans la résistance du béton, particulièrement dans les premiers jours, ainsi qu'une décantation des éléments du mélange et quelquefois des fissures dûes au retrait. Ce chiffre ne représente pas véritablement le nombre de bétons dans lesquels le mélange fut trop humide, car bien qu'à l'apparence du béton on puisse avoir l'idée d'un excès d'eau de mélange, il est fréquemment impossible de le prouver par l'analyse. Dans quinze cas (3,75%), une insuffisance dans la quantité de l'eau de mélange se traduisit par un ciment imparfaitement mouillé, un manque de résistance et d'homogénéité, ainsi qu'une augmentation de la porosité.

34 (5,5%). Exemples de mauvaises proportions dans la gamme des grosseurs de l'aggrégat, dans lesquels il y eut trois cas d'insuffisance de la dimension moyenne. Dans la majorité des 31 autres cas, les aggrégats étaient d'une dimension inadéquate pour l'ouvrage, ce qui se manifestait par un mauvais bloquage, de la porosité, et une protection défectueuse des armatures.

34 (8,5%). Excès de sable dans le mélange, se traduisant par un béton peu résistant, puisque la surface totale du sable est plus grande que la surface du gros gravier et nécessite donc pour être recouverte une plus grande quantité de ciment. Il y eut 22 cas (5,5%) d'insuffisance de sable dans le mélange et ceci est une faute beaucoup plus sérieuse, qui se traduisait par un béton poreux avec induration d'aggrégat.

25 (6,5%) Insuccès dûs, en totalité ou en partie, à une mauvaise main-d'œuvre dans le coulage ou le damage du béton, ce qui donne une masse mal agglomérée, poreuse et peu résistante. Si un béton de ce type est armé, il est à craindre que les barres ne soient pas convenablement enrobées et recouvertes, ce qui surait pour effet l'insuccès dû à la faiblesse de structure ou à la rouille des aciers.

23 (5,75%). Exemples d'excès de charbon dans les aggrégats tels que mâchefer et clinker, se traduisant par un gonflement du béton avec fissures et éclatement.

20 (5%). Exemples de présence de soufre sous forme de sulfures rencontrés dans des aggégats tels que le spath, le laitier éteint, le mâchefer, le clinker, ayant pour effet de retarder le durcissement et de provoquer l'éclatement du béton par oxydation des sulfures. Fréquemment cet insuccès est dû pour une part à la porosité du béton. Il y eut treize cas (3,25%) d'aggrégats contenant du soufre sous forme de sulfates, tels que le spath, le mâchefer, le clinker ou le laitier, causant une fissuration progressive et enfin la désaggrégation.

19 (4,75%). Cas de manques de soins, tels que l'absence de protection contre la gelée, le soleil et les vents désséchants, ainsi que contre un séchage trop rapide dû à d'autres causes. Ce chiffre serait plus élevé, n'était la difficulté de prouver cette faute, soit par l'examen à vue, soit par l'analyse.

15 (3,75%). Cas d'emploi d'aggrégats anguleux ou trop arrondis, causant des trous et des vides et par conséquent, faible résistance et porosité.

14 (3,5%). Aggrégats dépourvus d'une contexture résistante tels que les grès tendres et les roches éruptives se désagrégeant. Ces aggrégats tendent à se rompre sous le damage ou quand le béton est en compression et forment naturellement des poches, points faibles.

9 (2,25%). Insuccès dûs à l'action des produits chimiques industriels à l'influence desquels le béton fut soumis sans protection ou avec une protection insuffisante.

8 (2%). Aggrégats souillés de gypse ou de plâtre, tels que des briques malpropres réduites en poudre, causant la prise rapide du ciment.

7 (1,75%). Cas d'excès de vides dans le béton, dont les causes ne purent être prouvées par l'examen, mais probablement dûs à un certain concours de plusieurs circonstances. Dans deux cas cependant, la cause en fut le coulage du béton dans une eau courante qui entraîna une grande partie du ciment et du sable.

6 (1,5%). Exemples de ciment éventé, dûs à un stockage prolongé ou mal conditionné, causant un retard de la prise et dans les cas extrêmes, du durcissement aussi.

5 (1,25%). Cas de présence de matières carbonées dans l'aggrégat causant un retard au durcissement.

4 (1%). Insuccès dûs à un mélange de Portland et de ciment alumineux, causant une prise extrêmement rapide.

4 (1%). Exemples de dosages trop forts. Dans chaque cas l'échantillon

était un ciment pratiquement pur, qui de fait présentait des fissures pernicieuses.

3 (0,75%). Aggrégats contenant un excès de végétaux comme des feuilles ou de l'herbe, ce qui tout à fait en dehors de l'action de la matière organique sur le ciment, diminue physiquement la résistance du béton.

1 (0,25%). Insuccès dû à un aggrégat contenant de la chaux libre qui provoqua le gonflement et la rupture du béton.

1 (0,25%). Insuccès causé par une insuffisance de protection des armatures, ayant pour effet l'oxydation et par conséquent l'augmentation de volume de l'acier.

1 (0,25%). Exemple unique de ciment défectueux. Le ciment était à prise rapide et le béton ne peut être libéré des aires.

Comme nous l'avons déjà dit, dans 90% des échantillons de béton, on trouva au moins deux fautes bien définies, mais dans beaucoup de cas, il y eut plus de deux mauvaises influences agissant sur les résultats. Nous donnons ci-dessous quelques détails, de cas particuliers où l'insuccès est dû à un concours de plusieurs facteurs.

Absence de Durcissement.

On étudia un cas d'insuccès dans lequel le béton n'avait pas durci de façon satisfaisante et était très peu résistant. L'analyse révéla que les proportions employées étaient de 3,2 parties de scorie, pour 0,8 partie de sable et 1 partie de ciment. La gradation des différentes grosseurs d'aggrégat était mauvaise, puisqu'il n'y avait pas de matériau moyen; le sable était exagérément fin et contenait un excès de glaise; en outre, il était en quantité insuffisante; bien plus, l'analyse révéla la présence d'une trace de soufre, sous forme de sulfure et d'anhydride sulfurique, en excès d'au moins 2 pour cent sur la quantité ordinaire, admissible dans un ciment. Enfin s'ajoutant aux autres défauts, le ciment était éventé, bien que des essais aient montré qu'il était encore conforme au B.S.S. On découvrit plus tard que le ciment avait été emmagasiné pendant quelque temps sur le chantier dans de mauvaises conditions. Il n'était pas surprenant avec l'existence de tous ces défauts, que le béton possédât peu de résistance et que le durcissement du ciment ait été retardé.

Dans un autre cas, où le béton n'avait pas durci, la couleur de l'échantillon était: biscuit clair; la faute en était d'abord à un excès d'eau de mélange, ce qui se traduit fréquemment par une couleur très claire du béton; et en second lieu à un excès d'argile dans le gravier. Après la rupture du béton, on put sortir de leurs alvéoles les pierres qui apparurent parfaitement propres, laissant derrière elles des cavités, revêtues intérieurement de l'argile qui, à l'origine, avait recouvert les pierres sous forme d'une pellicule. Le béton avait été mal mélangé et les grosseurs des graviers mal proportionnées; il en était résulté la production de " trous " et la formation de vides.

Dans un autre cas encore, où le béton n'avait pas durci de façon satisfaisante, l'insuccès était dû au concours des fautes suivantes: il y avait trop de sable dans le mélange, les aggrégats contenaient un excès de glaise et aussi de matières organiques; le sable était extrêmement fin, le malaxage avait été mauvais; il était aussi permis de supposer l'emploi d'une quantité anormale d'eau de mélange, le béton insuffisamment protégé avait été attaqué par la gelée. Il serait difficile de voir comment celui qui fit ce béton aurait pu faire plus de fautes, et pourtant, c'est le ciment qu'il accusa pour cet échec.

Dosage et Impuretés du Sable.

On obtint à ce sujet des résultats intéressants au cours de recherches sur la résistance des mortiers en employant trois différents sables: A, B et C. Le sable " A " était du sable gros et ne contenait pas de glaise. Le sable

" B " était presque identique à " A " comme grosseur et contenait 12,5% de glaise. Le sable " C " était du sable fin et contenait 12,5% de glaise semblable à celle que contenait " B." On fit pour chaque échantillon respectivement des cubes de trois parties de sable pour 1 partie de ciment Portland à durcissement rapide, et on les brisa au bout de 24 heures ou de 7 jours :

Sable "A"		Sable " B "		Sable " C "	
24 heures.	7 jours.	24 heures.	7 jours.	24 heures.	7 jours.
kg/cm².		kg/cm².		kg/cm².	
273	651	161	539	112	490
245	630	157,5	525	112	490
238	602	154	490	112	490
252	627	157	518	112	490

Il est intéressant de remarquer les diminutions de résistance dûes séparément et indépendamment l'une de l'autre à la glaise et à une trop grande proportion de sable fin. Le sable gros " B," sale, bien qu'approximativement de la même grosseur que le sable gros " A," propre, donne des résultats sensiblement inférieurs, ce qui est dû à la présence de la glaise. Le sable fin " C " donne des résultats inférieurs à ceux du sable gros " B " ce qui est dû à la différence de grosseur puisque la caractéristique et la quantité de l'argile dans chacun des sables sont les mêmes. Dans ce cas particulier il n'y avait aucunement présence de matières organiques, mais il arrive très fréquement que les sables de sablières, contenant de la glaise, soient souillés de matières organiques. Dans le cours des temps un dépôt de sable ou de roches sédimentaires, se trouve recouvert de couches successives de végétaux en décomposition, ou de tourbe : la pluie lave la matière organique et l'entraîne dans le sable qui, fonctionnant comme filtre retient la matière organique et laisse passer l'eau purifiée. Il n'est pas rare que le sable à la partie supérieure de la sablière, juste au dessous de cette charge supérieure recueille la plus grande partie de cette matière végétale, le sable de la partie inférieure étant pratiquement exempt de toute impureté.

Matières Organiques Dans l'Aggrégat.

Bien qu'on trouve surtout des matières organiques dans les sables et les graviers de carrière, on a parfois rencontré des exemples où d'autres aggrégats, tels que les pierres calcaires, les granits, et les sables de rivière, contaminés par des matières organiques aient été la cause d'insuccès. Dans un de ces cas on découvrit que le béton d'un mur de soutènement qui, après neuf jours, n'avait encore donné aucun signe de durcissement avait été fait avec un aggrégat qui consistait en brique concassée. On découvrit que celle-ci à l'examen était exempte de tout composé usuel, nuisible au ciment que l'on rencontre parfois dans la brique, et ce ne fut qu'après qu'on eût fait l'essai à la soude caustique en dernière ressource que fut révélée la présence surprenante de matières organiques en quantités propres à retarder sérieusement le durcissement du ciment.

Matières Carbonées.

Les matières carbonées sont distinctes des matières organiques, mais quand on les trouve dans le sable ou l'aggrégat, elles ont sur le ciment un effet semblable. On les trouve quelquefois sous la forme de lignite, particulièrement dans les sables de carrière d'Ecosse et d'Irlande. On a vu des exemples où l'absence de durcissement et la difficulté d'un béton à sécher s'étaient produites seulement par petites places en des endroits très localisés et à l'examen on trouva que le noyau de ces enclaves était un petit morceau de lignite. Naturellement plus le lignite est divisé finement, plus sa répartition au milieu de l'aggrégat sera étendue et plus généraux et marqués seront ses effets pernicieux.

(*A suivre.*)

Agrandissements de l'usine à ciment Portland de Groschowitz (Haute-Silésie).

Au printemps de 1927, la " Schlesische Portland-Cement-Industrie A.-G.," d'Oppeln (Silésie) désirait agrandir considérablement sa cimenterie de Groschowitz (Haute-Silésie). L'installation existante fabriquait du Portland artificiel par voie humide (procédé par pâte épaisse), et produisait 200 tonnes par jour. Il s'agissait d'augmenter cette production de 500 tonnes, et le projet prévoyait l'éventualité d'extensions futures qui permettront de porter la production totale à 1200 tonnes par jour. Les fouilles de fondation ont commencé pendant l'automne de la même année, et la nouvelle installation, dont tout l'équipement mécanique a été fourni par les usines Krupp (Grusonwerk) de Magdebourg, a pu être mise en route le 1er octobre de l'année suivante.

Les matières premières, extraites à la carrière par des excavateurs à pelle (fig. 1, page 298), sont chargées directement dans des wagonnets à benne ouvrante d'une contenance de 6 tonnes. Le déchargement à l'usine s'opère à l'aide d'un pont roulant de 10 tonnes (fig. 2, page 299). Le pont soulève les bennes de leurs wagonnets, et les vide, de façon automatique, dans les silos d'alimentation de deux concasseurs à marteaux. Ces engins, qui peuvent passer 250 tonnes de calcaire à l'heure, reçoivent la pierre en quantités régulières grâce à un transporteur à tablier métallique de construction très robuste. Un second pont roulant équipé d'une benne preneuse (fig. 3, page 299), reprend le calcaire concassé et le transporte dans les silos de réserve installés au-dessus des tubes broyeurs à pâte.

Ces engins, de même d'ailleurs que tous les autres tubes broyeurs de la nouvelle installation, sont munis de la commande " Centra " (fig. 4, page 300). Dans ce système de commande, le tube est accouplé directement, par un arbre à joints universels, à un réducteur de précision dont les engrenages marchent dans un carter fermé à bain d'huile. Les tubes, de 2,2 m de diamètre et 13 m de long, sont agencés en tubes " compound " à trois chambres. Le produit de la mouture est une pâte épaisse à 40% d'eau, dont le refus sur le tamis de 4900 mailles représente 5% de la matière sèche. Chaque tube permet de travailler 36 tonnes de marchandise sèche à l'heure, en absorbant 600 CV.

La pâte crue est reprise par un élévateur pneumatique " Mammut " et remontée dans un bac de réserve où elle est brassée au moyen de pompes " Mammut " et par injection d'air comprimé.

L'usine comportait déjà des fours rotatifs de 3 m de diamètre et 50 m de long. On a ajouté deux nouveaux fours de 3,50 m de diamètre et 55 m de longueur (fig. 5, page 301). Les fours et leurs refroidisseurs sont attaqués par l'intermédiaire de réducteurs à engrenages de précision. Leurs galets de roulement sont montés sur paliers à graissage automatique par bagues entraînées.

Chacun de ces deux fours est suivi d'une chaudière de récupération ayant une surface de chauffe de 1000 m^2 (fig. 6, page 301). Cette installation de récupération fournit la vapeur en quantité suffisante pour faire fonctionner toute la nouvelle installation. Les gaz de combustion quittent la chaudière à

une température d'environ 180-200° C ; ils sont aspirés par deux ventilateurs, qui les rejettent dans une cheminée.

Au sortir des refroidisseurs, les clinkers sont pesés automatiquement, puis tombent sur un convoyeur qui les transporte dans le hall aux clinkers, parcouru par un pont roulant de 30 mètres de portée (fig. 7, page 302). Cet engin, dont les chemins de roulement ont 100 m de long, reprend les clinkers au moyen d'une benne preneuse de 4 mètres cubes, et les répartit uniformément sur le sol du hall. Ce mode de manutention des clinkers a donné des résultats favorables, car il permet d'utiliser en totalité la surface couverte du hall ; en outre, les dégagements de poussière dans le hall sont réduits à fort peu de chose, ceci parce que les clinkers ne tombent que d'une faible hauteur.

Pour la mouture, les clinkers sont repris par le même pont roulant et déversés dans une trémie qui alimente les tubes broyeurs par l'intermédiaire de courroies de transport et d'élévateurs à godets.

En avant de chaque tube broyeur sont disposés deux alimentateurs-doseurs à plateau rotatif, appareils à débit régulier et réglable avec précision, dont l'un sert à la distribution des clinkers et l'autre à celle du gypse. Les tubes broyeurs, du type " compound " a trois chambres, ont 2,2 m de diamètre sur 13 m de longueur, et chacun d'eux passe 19600 kg de clinkers à l'heure. Le ciment moulu ne donne que 10% de refus au tamis de 4900 mailles par centimètre carré. La commande " Centra," également adoptée pour ces engins, leur garantit un fonctionnement très sûr, grâce surtout à la suppression du grand engrenage d'entraînement.

A la sortie des tubes broyeurs, qui sont raccordés à une installation d'aspiration des poussières, le ciment est pesé, puis emporté par des convoyeurs à courroie et des élévateurs à godets dans six grands silos ayant 13,2 m de diamètre sur 25 m de hauteur. La reprise aux silos s'effectue au moyen d'extracteurs à vis montés sur chariots. Ces extracteurs alimentent, au moyen de vis transporteuses et d'élévateurs à godets, quatre ensacheurs capables de remplir en une heure jusqu'à 3600 sacs de 50 kg. Une fois fermés, les sacs sont emportés par un transporteur à courroie, qui les amène automatiquement à proximité immédiate des wagons d'expédition.

Les fours sont chauffés au charbon pulvérisé. Le déchargement et la mise sur parc du charbon sont effectués par un pont roulant muni d'une benne preneuse automatique, qui dessert également les silos surmontant les séchoirs à charbon. Ces séchoirs (système tubulaire chauffé à la vapeur) sont d'un type nouveau en cimenterie. Ils ont l'avantage d'être faciles à conduire, de permettre un réglage précis de la chauffe et de consommer fort peu de chaleur. Les poussières de charbon entraînées hors des séchoirs par les buées sont intégralement récupérées dans une installation de captation spéciale.

La pulvérisation du charbon est assurée par deux tubes broyeurs "compound" à trois chambres. Ces broyeurs, également munis de commandes " Centra," ont 1,55 m de diamètre et 9 m de longueur. La poudre obtenue laisse 10% de refus sur le tamis de 4900 mailles au cm². Elle est envoyée aux divers points de consommation par des pompes Fuller.

Presque toutes les machines sont à commande individuelle. La commande électrique des machines à marche lente s'effectue par l'intermédiaire de réducteurs Krupp à roues de friction, brevet Garrard (fig. 8, page 302) ou de réducteurs de précision en carter fermé. Les moteurs des tubes broyeurs et des concasseurs à marteaux sont alimentés sous haute tension (5000 volts) ; les autres moteurs sont établis pour courant triphasé 500 volts.

"Fausse Prise" du Ciment Portland.

Par D. K. MEHTA.
(CHIMISTE PRINCIPAL DE L'UNITED CEMENT COMPANY OF INDIA.)

En égard à l'intérêt que les fabricants de ciment de l'Inde prennent à la lecture de votre journal, ma contribution à la discussion ouverte dans vos colonnes au sujet de la " fausse prise " du ciment peut-être de quelque intérêt pour vos lecteurs.

Un de vos correspondants (Avril 1929) prétend que cette fausse prise peut-être provoquée artificiellement dans tout ciment bien fait en élevant la température du moulin finisseur jusqu'à des valeurs suffisamment élevées, c'est-à-dire 110° centigrades et au dessus; et l'explication donnée est que " la totalité du gypse se trouve transformée en anhydrite, perdant ainsi sa solubilité et son efficacité comme retardateur de la vitresse de réaction." Si l'on acceptait cet exposé comme représentant exactement ce qui se passe, nous autres, dans l'Inde, ferions toujours du ciment présentant cette fausse prise, car je doute que, dans l'Inde, un matériel puisse broyer du ciment à une température inférieure à 110° centigrades sans dispositif de refroidissement des broyeurs. Il existe à la connaissance de l'auteur un cas de ciment sorti du moulin finisseur à la température de 149° centigrades et au-dessus et présentant une prise tout à fait normale.

L'explication que la température élevée dans le broyeur est la cause de " fausse prise " ou de prise rapide, comme le déclare ce correspondant et aussi " C.E.H." dans votre numéro de Mai 1929, n'est pas pleinement convaincante, car les données réunies par l'auteur dans ses expériences ne sont pas faites pour la confirmer. Dans le cas où la température élevée du ciment dans les broyeurs engendre la prise rapide, la cause fondamentale doit en être plutôt recherchée dans la qualité du clinker, c'est-à-dire dans les conditions physiques touchant la cuisson dans le four, etc. . . Il est parfaitement possible que la température élevée puisse être une cause qui contribue à la prise rapide dans le cas d'un clinker, qui selon toute apparence extérieure paraît être tout à fait bien cuit, mais qui n'a pas été soumis à la température correcte dans la zone de clinkérisation, ou qui n'est pas resté dans cette zone un temps suffisamment long. Il serait difficile de prouver que cete explication est la bonne, mais le fait qu'un clinker bien cuit, broyé à une température de 149° centigrades et au dessus, n'est pas à prise rapide, paraît, d'une manière concluante, prouver que la température élevée n'est la cause principale, ni de la fausse prise, ni de la prise rapide. L'auteur rencontra une fois cette difficulté de la " prise rapide " qui lui causa beaucoup d'inquiétudes et d'ennuis et à laquelle il remédia finalement en abaissant la température du broyeur; mais lorsque plus tard la question de la température fut négligée et que cette dernière fut portée au dessus de 149° centigrades pendant longtemps, et qu'aucune prise rapide n'en résulta, il fut prouvé définitivement que dans le premier cas la cause fondamentale devait avoir été les conditions physiques touchant la cuisson dans le four (la composition chimique et la finesse de moûture des matières premières étant la même dans les deux cas).

L'explication courante donnée à l'appui de la thèse qui attribue à la température élevée la responsabilité de la prise rapide est que le gypse se déshydrate, soit partiellement, soit entièrement. Supposons qu'il en soit ainsi; cela aurait-il de l'influence sur le temps de prise? Non, car n'importe quelle forme de sulfate de calcium

devrait être un retardateur aussi bon que le gypse. R. K. Meade qui a pratiqué jusqu'au bout ses expériences sur les mélanges de chaux sulfatées anhydres, comme retardateurs, dit: " L'usage constant et croissant de cette roche (chaux sulfatée anydre) est une preuve qu'elle a les qualités propres à un retardateur. Sans tenir compte de tous les essais de laboratoire, le record impressionnant de la consommation actuelle des mélanges de chaux sulfatée anhydre est la meilleure preuve possible de leur valeur.* Il serait à la fois intéressant et instructif que les fabricants qui ont fait des essais sur cette difficulté du temps de prise décrivassent leurs expériences et suggérassent des voies possibles d'investigation.

Pendant que je suis sur ce sujet, j'aimerais dire quelques mots sur un phénomène particulier que j'ai rencontré dans mes recherches sur le début de la prise. Il y a quelques échantillons qui présentent à l'aiguille de Vicat un commencement de prise au bout de 10 à 15 minutes, mais si on prolonge les observations, on trouve que quinze minutes plus tard, l'aiguille de Vicat pénètre sur toute sa longueur, montrant ainsi que la prise initiale observée la première fois était fausse et que la seconde prise a lieu tout à fait normalement au bout d'environ 70 à 100 minutes. Il serait intéressant de savoir si d'autres personnes ont rencontré une telle particularité des ciments.

En ce qui concerne la question posée par " C.E.H." en corrélation avec le temps de prise: " Est-ce que que le B.S.S. est semblable aux ciments Portland ordinaires et à durcissement rapide?" il est difficile de voir pourquoi il ne le serait pas. Le ciment à durcissement rapide diffère du ciment ordinaire par ses qualités de durcissement seulement et non pas par ses qualités de prise. Un ciment à prise rapide sera toujours à prise rapide quelque soit le pourcentage d'eau dont on s'est servi pour le gâchage ou quelqu'ait été la durée du gâchage. Si un ciment fait prise au bout d'un temps normal (c'est-à-dire supérieur à 30 minutes) en utilisant plus d'eau ou par un gâchage plus long, il n'est évidemment pas à prise rapide, ceci sans préjuger de son durcissement rapide ou non.

* Pour les détails sur les expériences voir " Rock Products," Novembre 24, 1928, pages 55-58.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Tarif des Abonnements.

À cause de l'accroissement considérable du prix de revient de " Cement and Cement Manufacture " sous sa nouvelle forme, il est devenu nécessaire d'élever le prix du numéro à 2 schellings. Le prix de l'abonnement annuel (y compris les frais de port pour tous pays) est de 24 schellings (Frs. 150). Les abonnés actuels, portés sur nos listes et dont l'abonnement est payé d'avance continueront à recevoir la publication aux anciennes conditions, jusqu'à expiration de leur abonnement.

Les abonnements annuels doivent être adressés à " Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, London, S.W.1, Angleterre, et les publications seront adressées par la poste, régulièrement chaque mois, pour la durée de l'abonnement.

L'industrie japonaise du ciment Portland.

Les caractéristiques suivantes se rapportant aux usines japonaises de ciment Portland ont été publiées par l'Association Japonaise du Ciment Portland en date de Novembre 1929. La progression de cette industrie durant ces quelques dernières années est indiquée dans le tableau suivant :—

Année	Capital investi (millions de francs)	Production de ciment (tonnes)
1920 ...	490 ...	1 350 598
1921 ...	586 ...	1 551 133
1922 ...	636 ...	1 856 860
1923 ...	691 ...	2 239 045
1924 ...	800 ...	2 195 434
1925 ...	822 ...	2 504 132
1926 ...	962 ...	3 200 844
1927 ...	1 234 ...	3 527 979
1928 ...	1 370 ...	3 820 671

L'amélioration de la qualité du ciment Portland japonais est montrée dans le tableau suivant, donnant un résumé des changements dans les spécifications gouvernementales depuis 1905.

Date de la révision.	Finesse.	Mortier 1 : 3				Ciment en pâte pure.
		Résistance à la compression en kg/cm²		Résistance à la traction en kgs/cm²		Résistance à la traction en kgs/cm²
		7 jours.	28 jours.	7 jours.	28 jours.	7 jours.
Février 1905	Résidu sur tamis 900/cm² (diamètre du fil : 0,1 m/m) 10%	—	120	7	15	25
Décembre 1909	Résidu sur tamis 900/cm² (diamètre du fil : 0,1 m/m) 5%	—	120	8	16	25
Juin 1919	Résidu sur tamis 900/cm² (diamètre du fil : 0,1 m/m) 3%	—	140	10	18	30
Avril 1927	Résidu sur tamis 4900/cm² 17%	—	210	14	21	40
En révision	Résidu sur tamis 4900/cm² 12%	220	300	20	25	—

Les notes suivantes donnent des détails relatifs aux usines actuellement en service au Japon.

Asano Portland Cement Co., Ltd.—Usines à Tokio, Moji, Hokkaido, Kawasaki, Taiwan, Osaka, Nishitama. Capacité totale 5700 t. par jour.

Usine de Tokio.—Procédé par voie sèche. Matières premières: chaux rapide et argile. Installation de broyage: 2 broyeurs à rouleau unique de 0 m 61 par 0 m 81; un moulin à vis de 5 m 50.

Moulins à matière première: huit moulins durs doubles de 1 m 8 par 3 m 5; huit sélecteurs de 2 m 8. Quatre fours rotatifs de 2 m 4 par 36 m. Un sécheur à charbon de 1 m 8 par 18 m. Un moulin à charbon. Moulins finisseurs: trois moulins " compeb " de 2 m 1 par 7 m 3. Trois emballeuses " Bates."

Installation de Moji.—Voie sèche. Matières premières: pierre à chaux, argile, grès dur et scorie. Installation de broyage: pour l'argile, un broyeur à rouleau unique, un moulin Frett, deux broyeurs à marteau: pour la pierre à chaux, deux moulins à vis. Moulins à matière première: quatre moulins " Compeb " de 2 m 134 par 7 m 35, un moulin dur double de 1 m 778 par 3 m 658. Fours: quatre fours rotatifs de 3 m 7 par 3 m par 60 m 96; cinq fours rotatifs de 2 m 13 par 24 m 38. Trois sécheurs à charbon de 1 m 6 par 18 m. Deux moulins à charbon de 1 m 95 par 11 m. Moulins finisseurs: cinq moulins " Compeb " de 2 m 13 par 7 m 31; un moulin à tubes pour scorie de 1 m 83 par 9 m 7; un moulin " Unidan " de 2 m 2 par 1 m 22

Installation de Hokkaido.—Voie sèche. Matières premières: pierre à chaux et argile. Installation de broyage—pour l'argile: un broyeur à marteau, un broyeur à mâchoires; pour la pierre à chaux: deux moulins à vis. Moulins à matière première: dix-sept moulins " Fuller " de 1 m 07. Fours: deux fours rotatifs de 2 m par 30 m; un four rotatif de 2 m 74 par 60 m 9. Traitement du combustible: deux sécheurs à charbon Ruggles-Cole de 1 m 83 par 18 m 3; quatre moulins " Fuller " de 1 m 07. Moulins finisseurs: quatre moulins " Compeb " de 2 m 13 par 7 m 32. Bâtiment d'emballage: vingt machines emballeuses oscillantes à barils, trois emballeuses " Bates."

Installation de Kawasaki.—Voie sèche. Matières premières: pierre à chaux et argile. Installation de broyage—pour l'argile: un broyeur à rouleau unique, deux broyeurs à marteau, cinq broyeurs à deux rouleaux; pour la pierre à chaux: cinq broyeurs " Gates." Moulins à matière première: dix moulins durs de 1 m 72 par 3 m 48; un moulin " Unidan " de 2 m 2 par 12 m; deux moulins " Compeb " de 2 m 13 par 7 m 35. Fours: deux fours rotatifs de 2 m 74 par 54 m 86; deux fours rotatifs de 2 m 74 par 60 m 96. Traitement du combustible: deux sécheurs à charbon Ruggles-Cole de 1 m 83 par 18 m 28; sept moulins Fuller de 1 m 07. Moulins finisseurs: un moulin " Compeb " de 1 m 83 par 6 m 7; cinq moulins " Compeb " de 2 m 13 par 7 m 31. Bâtiment d'emballage: dix-huit machines emballeuses oscillantes à barils; quatre emballeuses Bates; deux emballeuses rotatives.

Installation de Taiwan.—Voie sèche. Matières premières: pierre à chaux et argile. Installation de broyage—pour l'argile: deux moulins à vis; pour la pierre à chaux: un broyeur Gates. Moulins à matière première: quatre moulins durs doubles de 1 m 6 par 3 m 5. Fours: un four rotatif de 2 m 75 par 54 m 35. Traitement du combustible: un sécheur à charbon Ruggles-Cole de 1 m 83 par 15 m 24; un moulin Fuller de 1 m 12; deux moulins Fuller de 84 cm. Moulins finisseurs: un moulin " Ballpeb " de 2 m 13 par 5 m 49; un moulin tubulaire

combiné de 2 m 13 par 7 m 32; un moulin dur double, de 1 m 6 par 3 m 5. Bâtiment d'emballage: huit machines emballeuses oscillantes à barils; une emballeuse Bates.

Installation d'Osaka.—Voie sèche. Matières premières: pierre à chaux et argile. Installation de broyage—pour l'argile: un broyeur à deux rouleaux: pour la pierre à chaux: un broyeur à mâchoires. Moulins à matière première: un moulin broyeur à boulets de 2 m 13 par 6 m 3. Fours: deux fours rotatifs de 2 m 25 par 38 m 1. Traitement du combustible: deux sécheurs rotatifs à charbon, un moulin tubulaire de 1 m 52 par 6 m 10. Moulins finisseurs: un moulin " Compeb " de 2 m 13 par 7 m 32 Bâtiment d'emballage: deux emballeuses à barils; une emballeuse Bates.

Installation de Nishitama.—Procédé humide. Matières premières: pierre à chaux et argile. Installation de broyage—pour l'argile: deux broyeurs à marteau; pour la pierre à chaux: un broyeur McCully. Moulins à matière première: trois moulins tubulaires de 12 m par 2 m 2. Fours: deux fours rotatifs de 60 m par 3 m 15 par 3 m 45. Deux sécheurs à charbon de 18 m 6 par 1 m 8; deux moulins tubulaires de 7 m 2 par 1 m 95. Moulins finisseurs: trois moulins tubulaires de 12 m par 2 m 2. Bâtiment d'emballage: deux emballeuses Bates.

Chichibu Cement Co., Ltd.—Production quotidienne: 1 200 t. Voie sèche: quatre groupes; voie humide: un seul groupe. Matières premières: pierre à calcaire dure et argile schisteuse.

Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha.—Voie humide. Matières premières; chaux boueuse (produit secondaire de la fabrication du sulfate d'ammonium) et argile (extraite de la carrière située dans l'île Amakusa, à une distance de 64 kms de la côte). Installation de broyage: moulin tubulaire de 1 m 29 par 3 m 96; moulin tubulaire de 1 m 35 par 7 m 62. Un four rotatif, de 45 m 75 par 2 m 28. Moulins finisseurs: deux moulins tubulaires combinés de 1 m 778 par 6 m 7.

Hitachi Cement Co., Ltd.—Production quotidienne: 110 t. Voie sèche. Matières premières: pierre à chaux et argile. Un broyeur à pierre à chaux, un broyeur à mâchoires, un broyeur à argile, un broyeur à rouleau. Moulins broyeurs à matière première: un moulin à compartiments tubulaire et à boulets de 1 m 67 par 7 m 62. Four rotatif: un four de 36 m 57 par 2 m 43. Broyeur à charbon: un moulin tubulaire à boulets de 1 m 37 par 4 m 572. Moulin finisseur: un moulin à meule supérieure striée de 2 m 44; un moulin à compartiments tubulaire et à boulets de 1 m 67 par 7 m 62; un moulin à compartiments tubulaire et à boulets de 2 m 2 par 9 m 4, en construction.

Hokoku Cement Co., Ltd.—Production quotidienne: 1 100 t. Voie sèche. Matières premières: argile, pierre à chaux, cendre de pyrite ou scorie de cuivre. Fours—installation de Moji: quatre groupes. Installation de Nagoya: deux groupes. Installation de Saga: deux groupes. Traitement du combustible—machines de séchage du charbon: installation de Moji, trois: installation de Nagoya, deux; installation de Saga, une seule. Machines de broyage de charbon: installation de Moji, quatre; installation de Nagoya, quatre; installation de Saga, une seule.

Iwaki Cement Co., Ltd.—Production annuelle: 450 000 t.

Mikawa (Portland) Cement Co., Ltd.—Production quotidienne: 110 t. Voie sèche. Matières premières: pierre à chaux et argile.

Nanao Cement Co., Ltd.—Production quotidienne: 540 t. Voie humide. Matières premières; grès calcaire et terre de diatomées et argile très riche en

alumine. Installation de broyage : un broyeur Titan pour le grès ; un broyeur Titan pour la calcite. Moulins à matière première : deux moulins Solo de 12 m par 2 m 2. Fours : deux fours Solo de 70 m. Traitement du combustible : une installation de construction spéciale pour le séchage et la pulvérisation du charbon, avec deux tambours sécheurs et deux moulins Solo. Moulins finisseurs : deux moulins Solo de 13 m par 2 m 2. Bâtiment d'emballage : une emballeuse Bates ; trois emballeuses Exilor.

Nippon Cement Co., Ltd.—Production quotidienne : 950 t. Voie sèche. Matières premières : pierre à chaux et argile. Installation de broyage—pour la pierre à chaux : un broyeur McCully de 50 cm ; un broyeur McCully No. 8 ; un broyeur à marteau de 91 cm 5 par 1 m 22. Pour l'argile : un broyeur à un seul rouleau de 61 cm par 81 cm 5 ; deux broyeurs à marteau. Moulins à matière première : deux moulins " Compeb " de 2 m 13 par 7 m 93 ; deux moulins tubulaires combinés de 2 m 13 par 7 m 32 ; quatre séparateurs de 4 m 27 de diamètre. Fours rotatifs ; deux de 2 m 44 par 38 m 10 ; deux de 2 m 28 par 38 m 10 ; deux de 3 m 05 par 50 m. Traitement du combustible ; un sécheur à charbon de 1 m 52 par 15 m 25 ; un sécheur à charbon à double ossature de 2 m par 13 m 72 ; deux moulins tubulaires de 1 m 52 par 6 m 7 ; un moulin tubulaire combiné de 1 m 83 par 5 m 50. Moulins finisseurs : deux moulins " Compeb " de 2 m 13 par 7 m 93 ; deux moulins tubulaires combinés de 2 m 13 par 7 m 93 ; deux séparateurs de 4 m 27 de diamètre. Bâtiment d'emballage : deux emballeuses Bates ; six machines de mise en barils.

Nippon Chisso Hiryo Kabushiki Kaisha.—Production quotidienne : 120 t. Voie semi-humide. Matières premières : chaux éteinte, argile, grès dur et cendre de pyrite. Installation de broyage : deux broyeurs à déchets ; un broyeur à rouleau. Moulins à matière première : deux fours rotatifs, deux moulins tubulaires associés ; un sécheur à argile ; trois moulins tubulaires. Traitement du combustible : quatre pulvérisateurs à charbon ; un sécheur à charbon. Moulins finisseurs : quatre moulins tubulaires à ciment. Machines d'emballage : deux.

Oita Cement Co., Ltd.—Production annuelle : 515 000 t. Voie sèche. Matières premières : pierre à chaux, argile, argile siliceuse et gypse. Sécheurs : six sécheurs rotatifs à argile. Installation de broyage : six broyeurs Gates. Moulins à matière première : quatre moulins " Compeb " ; un moulin à compartiments ; deux moulins tubulaires. Fours rotatifs ; huit groupes. Traitement du combustible : quatre sécheurs rotatifs ; cinq broyeurs. Moulins finisseurs : quatre moulins " Compeb " ; un moulin tubulaire combiné ; deux moulins tubulaires. Bâtiment d'emballage : vingt machines de mise en barils ; onze machines de mise en sacs ; une emballeuse Bates.

Onoda Cement Co., Ltd.—Production annuelle : 1 050 000 t.

Osaka Yogyo Cement Co., Ltd.—Production quotidienne : 860 t. Voie sèche. Matières premières : pierre à chaux dure, argile schisteuse, aluminite et produits de déchet de la fabrication de l'alun. Installation de broyage—pour la pierre à chaux : deux broyeurs à mâchoires, de 101 cm par 76 cm ; deux machines à marteau de 1 m 22 par 81 cm ; pour l'argile schisteuse : broyeur à rouleau de 17 m par 46 cm. Moulins broyeurs et moulins à matière première se trouvant à la fabrique : un broyeur à mâchoires de 76 cm par 101 cm ; deux moulins à marteau de 1 m 22 par 81 cm ; deux sécheurs à argile et à pierres de 2 m 44 par 21 m 35 ; un moulin primaire de broyage de l'argile, à compartiments de 1 m 83 par 6 m 40 ; deux moulins primaires de broyage des pierres à compartiments de 2 m 13 par 7 m 93 ; un moulin broyeur malaxeur et finisseur de 2 m 13 par

7 m 93; un moulin de broyage de la matière première humide à compartiments de 2 m 13 par 7 m 93; un moulin employé pour broyer une deuxième fois la substance humide de 1 m 37 par 6 m 70; quatre sélecteurs de 4 m 27. Fours rotatifs: deux de 3 m par 3 m 38 par 61 m; un de 3 m par 3 m 53 par 64 m 66; deux refroidisseurs rotatifs de 2 m 74 par 15 m 25. Traitement du combustible deux sécheurs à double ossature de 1 m 83 par 18 m 30; deux moulins à compartiments de 1 m 83 par 6 m 40; moulins finisseurs: quatre moulins à compartiments de 2 m 13 par 7 m 93, avec séparateurs à vent de 4 m 25. Bâtiment d'emballage: vingt-quatre machines vibrantes de mise en barils; quatre machines Bates de mise en sacs, à deux tubes.

Toa Cement Co., Ltd.—Production annuelle: 120 000 t. Matières premières: pierre à chaux et argile. Installation de broyage—pour la pierre à chaux: un broyeur giratoire, un broyeur " Jumbo "; pour l'argile: un broyeur à rouleau de 61 cm par 91 cm; un sécheur de 1 m 83 par 18 m 30; pour la pierre à chaux et l'argile mélangées: un moulin " Compeb " de 2 m 13 par 7 m 32. Fours: un four rotatif, de 3 m par 50 m. Traitement du combustible: un sécheur Ruggles-Coles de 1 m 22 par 6 m 10; deux moulins Fuller de 6 m 75; un moulin tubulaire de 1 m 52 par 4 m 57. Moulins finisseurs: un moulin " Compeb " de 2 m 13 par 7 m 93. Bâtiment d'emballage: dix machines de mise en barils; une emballeuse Bates à quatre tubes.

Ube Cement Manufacturing Co., Ltd.—Production quotidienne: 520 t, voie sèche; 550 t, voie humide. Matières premières: pierre à chaux dure, argile schisteuse, grès dur (argile riche en silice), pyrite de fer, gypse. Installation de broyage: un broyeur, de 61 cm par 1 m 52. Moulins à matière première—pour la voie sèche: trois moulins " Compeb " de 2 m 1 par 7 m 3; pour la voie humide: deux moulins tubulaires à commande centrale de 2 m 2 par 13 m. Fours rotatifs pour la voie sèche: deux fours rotatifs de 3 m par 50 m, 75 C.V.; voie humide: deux fours de 3 m 45 par 2 m 7 par 95 m 8. Moulins finisseurs: un moulin " Compeb " de 2 m 1 par 7 m 3, avec un moteur synchrone de 450 C.V.; deux moulins tubulaires à commande centrale de 2 m 2 par 13 m, avec des moteurs à induction de 700 C.V. Bâtiment d'emballage: quatre emballeuses Bates à 4 tubes; quinze machines de mise en barils.

Au Sujet des Annonces.

Toutes les demandes de renseignements concernant les annonces dans " International Cement et Cement Manufacture " doivent etre adressées à Concrete Publications Limited, 20 Dartmouth Street, London, S.W.1, England.

Le texte de l'annonce doit parvenir à cet office au plus tard le 25 du mois précédant celui de la parution. Dans le cas où un nouveau texte ne serait pas parvenu à cette date, les éditeurs se réservent le droit de reproduire le texte précédent.

Dans le cas d'annonces devant être imprimées en plus d'une seule langue, on doit fournir soi-même les traductions. Si on le désire, les éditeurs se chargent de ce travail de traduction, mais il est entendu qu'ils ne pourraient assumer aucune responsabilité en ce qui concerne l'exactitude de la traduction.

Le bien-être des ouvriers dans l'industrie des ciments.

Un Ministère du gouvernement brittanique a fait connaître son intention de prendre un décret dont l'application s'étendrait à toutes les usines ou manufactures où l'on fabriquerait du ciment Portland ou du ciment de caractère analogue. Les termes du décret proposé sont les suivants :—

(1) L'employeur devra fournir et entretenir en bon état ; (*a*) des bottes imperméables montant jusqu'aux cuisses, pour les personnes employées à des opérations comportant un stationnement dans la bouillie, la boue, ou l'eau ; (*b*) des lunettes protectrices convenables pour les personnes exposées de façon importante à la poussière de charbon ou de ciment ; (*c*) des vêtements imperméables convenables pour les personnes qui peuvent être appelées à travailler régulièrement dehors, en temps de pluie ; (*d*) des pantalons et couvre-chefs convenables pour les ouvrières employées au nettoiement ou à la réparation des sacs.

(2) L'employeur devra fournir et maintenir propre à l'usage de toutes les personnes employées au nettoiement ou à la réparation des sacs, des logements convenables pour le déshabillage pendant les heures de travail. Les logements ainsi fournis seront absolument sûrs et entretenus en état de propreté.

(3) L'employeur devra offrir la possibilité de s'asseoir à toutes les ouvrières dont le travail se fait debout, de façon à leur permettre de profiter facilement de toutes les occasions de se reposer qui peuvent se présenter au cours de leur travail.

(4) L'employeur devra fournir et entretenir à l'usage de tous les ouvriers, excepté de ceux qui sont employés à des opérations continues, une cantine, qui sera meublée : (*a*) d'un nombre suffisant de tables et de chaises ou de bancs ; (*b*) de moyens propres à chauffer les aliments et à faire bouillir l'eau. La cantine sera chauffée suffisamment pour l'usage pendant les intervalles des repas. La cantine sera placée sous la garde d'une personne responsable et sera tenue en parfait état de propreté.

(5) L'employeur devra fournir et entretenir dans l'usine à l'usage de toutes les personnes employées, des installations pour se laver, facilement accessibles et offrant une quantité suffisante de lavabos et d'eau propre. Ces installations seront placées sous la garde d'une personne responsable et tenues en parfait état de propreté.

Avis.

Tous les articles publiés en quelque langue que ce soit dans Cement and Cement Manufacture, sont rigoureusement de propriété littéraire, et ne peuvent être reproduits dans d'autres journaux, ou sous forme de catalogues, sans l'autorisation des propriétaires : Concrete Publications Limited, 20, Dartmouth Street, Westminster, Londres, S.W.1, Angleterre.

BAND 3. NUMMER 2. FEBRUAR 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
DIE INTERNATIONALE ZEMENTZEITSCHRIFT IN VIER SPRACHEN.

DEUTSCHER TEIL

VERLEGT BEI CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Erscheint am 20 jeden Monats. Preis 2 Shilling das Heft. Postfreier Jahresbezug 24 Shilling.

Der Zement in Vergangenheit und Gegenwart.

Von D. B. BUTLER, Assoc.M.Inst.C.E., F.C.S.

MAN kann mit völliger Sicherheit behaupten, dass während der letzten Jahre keine Industrie in England wie im Auslande solche bemerkenswerten Fortschritte gemacht hat wie die des Portlandzements; dieses trifft sowohl für die Methoden der Fabrikation wie für die Güte des Erzeugnisses zu, mehr jedoch noch für die letztere. Die Verbesserungen in der Herstellungsmethode betreffen in der Hauptsache die bessere Kontrolle der Mischung der verwendeten Rohmaterialien; ihre vollkommenere mechanische Mischung, die gleichmässigere und vollständigere Bindung durch den Brennprozess der mechanisch gemischten Rohstoffe und endlich, wenn auch nicht weniger bedeutsam, die bessere und gleichmässigere Pulverisierung des Endproduktes. Abgesehen von dem Bestreben grössere Maschinenaggregate jeder Art einzuführen, was eine Tendenz zur Rationalisierung bedeutet, ist auch sonst die Handarbeit weiter ausgeschaltet worden. Dieses betrifft insbesondere die Gewinnung der Rohmaterialien und ihre weitere Behandlung auf dem Wege zu den Mischmühlen; es trifft weiter zu für das Packen und den Transport des Endproduktes zum Verbraucher. Die modernsten Anlagen sind jetzt so weitgehend mechanisiert worden, dass weitere Rationalisierungen in dieser Richtung fast unmöglich erscheinen.

Zum Vergleich mit den gegenwärtigen mechanisierten Zementfabriken, mag es von Interesse sein, kurz die Methode der Zementherstellung zusammenfassend zu der Zeit darzustellen, wie der Verfasser vor etwa 50 Jahren zuerst Interesse an der englischen Zementindustrie nahm. In jenen Tagen waren die einzigen, zur Verfügung stehenden Rohmaterialen

Kreide und Ton mit Ausnahme von ein oder zwei Werken in dem Rugby-Distrikt, wo Kalkstein und Schieferton verarbeitet wurden. Kreide und Ton wurden damals ausschliesslich von Hand gewonnen und in die Waschmühle mittels Karrenladungen abgemessen. Von der Waschmühle gelangte der Schlamm in Absetzbottiche, aus denen er in der Folge ausgeschöpft und auf Karren nach dem Trockenboden geschafft wurde, der durch Koksöfen geheizt war. Vom Trockenboden wurde der getrocknete Schlamm mit Karren nach den Flaschen—oder intermittierenden Schachtsöfen transportiert und in diese von Hand aufgegeben, abwechselnd mit Lagen von Koks, der auch mit Karren nach dem Ofen von einen nahe gelegenen Abladeplatz geschafft wurde. Der Klinker wurde aus dem Ofen von Hand abgezogen und nach dem Brecher gefahren; der fertige Zement wurde mit einer Schaufel in Säcke oder Fässer gefüllt und diese nach der Eisenbahn oder nach dem Schiff gefahren. Es bedarf keiner grossen Einbildungskraft, um sich die in einer Zementfabrik im Anfange der 80er Jahre notwendige Handarbeit vorzustellen.

Wenn wir uns zu den Güteverbesserungen des Erzeugnisses wenden, so ist es lediglich notwendig, die Anforderungen der ersten englischen Portlandzement-Normen, die 1904 herausgegeben wurden, mit der fünften, 21 Jahre später erlassenen Revision zu vergleichen, um die in dieser Richtung gemachten Fortschritte zu erkennen. Im Folgenden ist eine Tabelle zusammengestellt, welche die Hauptpunkte—das sind die Mahlfeinheit und die Zugfestigkeit—der ersten Normen und der fünf folgenden Revisionen enthält; die anderen Punkte wie Abbindezeit, Raumbeständigkeit und chemische Zusammensetzung sind im allgemeinen unverändert geblieben.

	MAHLFEINHEIT Rückstand auf dem		ZUGFESTIGKEIT in kg/qcm.			
	4900 qcm Sieb.	900 qcm Sieb.	Reiner Zement nach		1 : 3 Mörtel nach	
	In Prozenten.		7 Tagen.	28 Tagen.	7 Tagen.	28 Tagen.
1904 (1. Ausgabe)	22,5	3,0	28,12	35,15	8,44	15,82
1907 (1. Revision)	18,0	3,0	28,12	35,15	8,44	17,58
1910 (2. Revision)	18,0	3,0	28,12	35,15	10,55	17,58
1915 (3. Revision)	14,0	1,0	31,64	37,82	14,06	17,58
1920 (4. Revision)	14,0	1,0	31,64	37,82	14,06	17,58
1925 (5. Revision)	10,0	1,0	42,19	— —	22,85	24,96

Es geht hieraus hervor, dass während der vergangenen 25 Jahre die Anforderungen an die Zugfestigkeiten von reinem Zement um 50% gewachsen sind, während die an 1 : 3 gemischten Zement - Sandmörtel, welche ein besseres Anzeichen für den Bindewert darstellen, sich um mehr als 170% vermehrt haben. Die Anforderungen an die Mahlfeinheit zeigen eine markante Steigerung, indem die Rückstände auf dem 4900 qcm Siebe um 55% reduziert wurden.

Die englischen Normen betreffen—sie sollen es sogar—die Durchschnittsgüte des Erzeugnisses während des Zeitraums, für den die Normen gültig sind. Dieses mag richtig gewesen sein, während der Kriegs-und Vorkriegszeit; gleich nach dem Kriege trat aber eine so fortgesetzte und schnelle Qualitätsverbesserung ein, dass die Normen von 1920 weit unter den Durchschnittsfestigkeiten des Erzeugnisses schon nach einem oder zwei Jahren lagen, und die Revision von 1925 mit ihren beträchtlich verschärften Anforderung war erheblich überfällig. Die gleiche

Bemerkung trifft jetzt scheinbar in mehr oder minder grossem Masse auf die Normenausgabe von 1925 zu, deren Vorschriften beträchtlich unter dem Durchschnitt des gegenwärtigen Portlandzements, sowohl hinsichtlich des englischen Erzeugnisses wie des der anderen, Zement fabrizierenden Länder der Welt, liegen. Unter Berücksichtigung des englischen und auswärtigen, täglich durch die Hände des Verfassers zum Zwecke der Prüfung gehenden Materials liegt die Durchschnittsfestigkeit des Erzeugnisses zur Zeit um 56,25 kg/qcm für reinen Zement und um 28,12 kg/qcm für 1:3 gemischten Zement-Sandmörtel; es dürfte daher tunlich erscheinen, die Anforderungen der englischen Normen erneut zu verschärfen. Was ferner die Mahlfeinheit angeht, besitzt das englische Durchschnittserzeugnis, obwohl die Zemente in einigen anderen Ländern kaum so fein wie in England gemahlen werden, einen Rückstand von etwa 5% auf dem 4900 qcm Siebe. Die englische Vorschrift von 10% Rückstand auf dem 4900 qcm Siebe könnte daher auf 7,5% reduziert werden und doch noch genügend Spielraum lassen.

Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, dass die bestechendste Verbesserung in den letzten Jahren in der Einführung der schnell erhärtenden Zemente bestanden hat. Es gelang dem wohl bekannten französischen Chemiker M. Bied auf der Suche nach einem, gegen Sulfatlösungen, die schädlich für gewöhnlichen Portlandzement sind, beständigem Zement durch besondere Fabrikationsmethoden einen hochtonerdehaltigen Zement herzustellen, der diesem Zwecke genügte, und der sich gleichzeitig als im Besitze von sehr ausgesprochen schnell erhärtenden Eigenschaften im Vergleich zu gewöhnlichem Portlandzement erwies. Im allgemeinen gesprochen, erlangte er in wenigen Stunden beträchtlich grössere Festigkeit als gewöhnlicher Portlandzement nach 28 Tagen. Obwohl dieser Zement schon vorher einige Zeit in Frankreich verwendet worden war, kam er erstmalig zur Kenntnis des Verfassers im Jahre 1922. Trotzdem dieser Zement wesentlich teurer war und es noch ist, tatsächlich beträgt der Preis bei Ausführung dringender Arbeiten etwa das Doppelte, so überwiegen seine rapid erhärtenden Eigenschaften ohne weiteres die Sonderkosten. Eine englische Fabrikantenfirma begann sofort mit lobenswertem Weitblick und Energie daran zu arbeiten, einen schnell erhärtenden Portlandzement zu fabrizieren, der bis zu einem gewissen Grade mit dem Neuling konkurrieren sollte. Sie war hierbei ausgesprochen erfolgreich, und jetzt steht schnell erhärtender Zement für die Verbraucher zur Verfügung, der mit Ausnahme der ersten 24 Stunden etwa praktisch die gleichen schnell erhärtenden Eigenschaften entwickelt wie der Tonerdezement. Die Erfinder beider Arten von schnell erhärtendem Zement haben seitdem viele Nachahmer gefunden sowohl im Ursprungslande wie in anderen Ländern; doch sind die Nachahmer des Tonerdezements etwas gehandikapt durch die Tatsache, dass das besondere, zu seiner Herstellung notwendige Rohmaterial bis jetzt sehr begrenzt vorkommt und nur in wenigen Sonderbezirken gefunden wird. Schnell erhärtender Portlandzement andrerseits kann praktisch aus allen Rohmaterialien gemacht werden, aus denen gewöhnlicher Portlandzement fabriziert wird, und daher erzeugen jetzt viele Portlandzement-Fabrikanten in der ganzen Welt naturgemäss schnell erhärtenden Portlandzement.

Die kennzeichnendste Eigenschaft des schnell erhärtenden Portlandzements, wie er gegenwärtig in England hergestellt wird, besteht in seiner äusserst grossen Mahlfeinheit. Dem Verfasser haben vor kurzem zum Zwecke der Untersuchung viele Proben vorgelegen, die so fein gemahlen waren, dass nicht mehr als 0,5%

Rückstand auf dem 4900 qcm Siebe verblieb. Dieses deutet darauf, dass das 4900 qcm Sieb nicht fein genug ist, um den Grad der Mahlfeinheit, auf die der Zement gebracht ist, wiederzugeben; es ist vollkommen verständlich, dass zwei verschiedene Zemente, die gleiche Rückstände in Prozenten auf dem 4900 qcm Siebe besitzen, dennoch ganz verschiedene Prozentsätze an unfühlbarem Mehl oder Pulver, was allgemein als der wesentliche Faktor eines Zements mit Rücksicht auf seinen Bindewert angesehen wird, enthalten können. Die gleiche Frage tauchte vor einigen 40 Jahren auf, als das 400 qcm Sieb zur Kontrolle der Mahlfeinheit diente und Zement mit 10% Rückstand auf diesem Siebe als gut gemahlen galt. In jener Zeit fingen die Kollergänge an, die Mühlsteine bei der Zementmahlung zu ersetzen. Es ergab sich gelegentlich dass zwei Zemente den gleichen Rückstand auf dem 400 qcm Siebe besassen und doch der eine fast nur aus Gries bestand, der gerade fein genug war, um das Sieb ohne praktisch jeden Anteil an Mehl zu passieren, während der andere wirksam gemahlen war; der Unterschied im Bindewert beider Zemente, wie er durch die Zement-Sandmörtelprobe festgestellt wurde, war natürlich sehr markant. Es ist daher möglich, dass die gleichen Verhältnisse bis zu einem gewissen Grade auch auf das gegenwärtige 4900 qcm Sieb zutreffen, das heisst, dass ein Zement, der hauptsächlich aus griesigen Anteilen besteht, gerade fein genug ist, um das 4900 qcm Sieb zu passieren, während ein anderer wirksam gemahlen wurde.

Unzweifelhaft ist daher die Bestimmung der Mahlfeinheit mit Sieben sehr weit von dem Ideal entfernt und hinlänglich ungenau in den Ergebnissen. Methoden der Windsichtung oder des Abschlämmens mit einer Flüssigkeit würden wahrscheinlich vergleichbarere Resultate zeitigen, aber hierbei würde alles von der genauen Stärke und Richtung des Stroms, sei es nun ein solcher von Luft oder ein solcher flüssiger Natur, abhängen, und welcher Apparat auch immer zur Annahme gelänge, so würde seine sehr sorgfältige Normung erforderlich sein, ehe man ihn unbedenklich übernehmen könnte. Eine Schwierigkeit bei der Luft-oder Flüssigkeitsseparation besteht darin, dass, wenn die Zemente im geringsten Grade abgelagert oder luftabgebunden sind, sie irrige Resultate liefern würde, da der Strom nicht genügend Kraft besitzt,—Luft oder Wasser,—um die Klumpenbildung zu beheben und das Mehl frei zu machen. Bei der Prüfung des Siebrückstandes eines alten abgelagerten Zements unter dem Mikroskop zeigten sich deutlich Teile von hydratisiertem Mehl, das an dem gröberen Gries haftete, was eine weitere Quelle für Irrtümer wäre. Im allgemeinen gesprochen scheint daher die Methode der Luft-oder Flüssigkeitsseparation zur Bestimmung der Mahlfeinheit vornehmlich von Wert für den Fabrikanten zu sein, damit dieser die Wirksamkeit seiner Mahlmaschinen kontrollieren kann; da er stets mit frisch gemahlenem Zement arbeitet, können Ungenauigkeiten auf Grund der Gegenwart von luftabgebundenen Teilchen nicht auftreten und, wo der Apparat auf eine bestimmte Norm eingestellt ist, liefert er wichtige und wertvolle Informationen darüber, ob die Mahlmaschinerie ordentlich oder nicht befriedigend arbeitet.

Zum Schluss möchte der Verfasser die wünschenswerte Vereinheitlichung der Zementprüfmethoden in den grossen, Zement erzeugenden und verbrauchenden Ländern der Welt befürworten. Es ist wahrscheinlich ausser von denen, die oft Zemente nach den Normen der verschiedenen Länder zu prüfen haben, selten festgestellt, welche ungeheuren Unterschiede in den Ergebnissen selbst bei der einfachen Zugfestigkeitsprüfung durch die verschiedenen Normen verursacht werden. Es folgt daraus,

dass vor der Annahme von Lieferungen nach einem anderen Lande der Lieferant sich sorgfältig informieren muss, wie weit die Methoden der Prüfung in einem fremden Lande von den eigenen Normen abweichen; wenn er sich völlig auf die Prüfung nach den gültigen Normen im Ursprungsland verlässt, so kann er die unerfreuliche Ueberraschung erleben, dass seine Lieferung bei Ankunft zurückgewiesen wird.

Der Drehofen.

von A. C. DAVIS.

(BETRIEBSDIREKTOR DER ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.)

DER heute zur Herstellung von Zement übliche moderne Drehofen hat tatsächlich eine Unwälzung in dieser Industrie herbeigeführt, und seine Anwendung stellt den wissenschaftlichtsten und praktischsten Brennprozess dar seit Beginn der Fabrikation von Portlandzement.

Der Drehofen ist heute sowohl in England wie in jedem anderen Lande allgemein gebräuchlich, und man hat sogar erklärt, dass diese Ofenart die einzig wichtige Erfindung seit der Einführung der Kugel-und Rohrmühlen sei. Dass weitere Verbesserungen bei der Erzeugung von Portlandzement vorgenommen werden, ist selbstverständlich, zumal selbst beim Verwenden des Drehofens die Herstellung ein technischer und kostspieliger Prozess, der hohe Anlagekosten, hohe Produktions und Unterhaltungskosten erforderlich macht, ist. Hinsichtlich der gegenwärtigen Oefen besteht zweifellos das Bedürfnis nach grösserer Brennstoffökonomie, ganz zu schweigen von anderen Verbesserungen, welche sicher in dem Masse eingeführt werden, wie die Erfahrung deren Notwendigkeit erweist und wie die Zeit die entsprechende Gelegenheit schafft.

Mehr als 90 Prozent des in den Vereinigten Staaten von Amerika erzeugten Zements werden mittels Drehofen hergestellt, und auch die meisten englischen Werke haben diese Ofenform übernommen. Viele veraltete Fabriken haben zum Brennen Drehöfen eingebaut, und alle neu errichteten Werke haben dieses Fabrikationsverfahren gewählt. Trotzdem der Drehofen nur über eine verhältnismässig kurze Vergangenheit verfügt, hat man sowohl wissenschaftlich wie praktisch genügende Erfahrungen gesammelt, um den Drehofenzement zu dem Erzeugnis der Zukunft zu erklären. Die Anwendung von Drehöfen zu propagieren ist daher nicht notwendig, da alle wissenschaftlichen Argumente, um seine Güte zu beweisen und alle praktischen Erfahrungen, um seine Ueberlegenheit unter Beweis zu stellen, darauf hinweisen, dass man widerspruchslos behaupten kann, dass der Drehofenzement heute das Feld beherrscht.

Das Erzeugnis des Drehofens unterscheidet sich vorteilhaft in seiner Qualität nach zwei Richtungen, nämlich mit Hinblick auf die Zugfestigkeit wie auf die Raumbeständigkeit. Dieses ist nicht anders zu erwarten; doch abgesehen von seiner Betriebsökonomie besteht der grosse Vorteil dieses Ofens darin, dass der Kalzinierungsprozess sich vor den Augen des Beobachters abspielt und von diesem genau kontrolliert werden kann. Durch Aenderung der Umdrehungsgeschwindigkeit, durch Verlangsamen oder Verstärken der Zufuhr von Rohmehl, durch Aenderung der Stärke des Kohlenstaubgebläses wie der

Menge an Brennstoff, ist der Brenner in der Lage, den Brennprozess in jeder gewünschten Weise zu regulieren. Bei dem alten diskontinuierlich arbeitenden Ofen war dieses nicht möglich, weil nach dem Beschicken und Anfeuern des Ofens der Kalzinierungsprozess automatisch mehr oder minder gut verlief und das Erzeugnis hingenommen werden musste, wie es eben war.

Der zum Brennen von Zement benutzte Drehofen besteht aus einem leicht geneigtem zylindrischem Rohr aus Stahlplatten, welche etwa 2 cm stark sind. Die Länge schwankt zwischen 30 und 120 m, der Durchmesser von 1.8 m bis 3.65 m, je nachdem welche Ofenleistung verlangt wird. Tabelle 1 gibt eine Uebersicht über die Dimensionen und angenäherten Leistungen typischer Drehöfen, wie sie heute beim Nassverfahren verwendet werden:

TABELLE I.

			Tonnen in der Stunde
30 m lang,	1,8 m Durchmesser	Leistung etwa	2
45 m „	2,3 m Durchm.	„ „	4, 5
61 m „	2,7 m Durchmesser	„ „	8
70 m „	2,9 m Durchm.	„ „	9
76 m „	3,3 m Durchmesser	„ „	15

Die in dieser Tabelle angegebenen Durchmesser sind die des grösseren Teiles der Länge der Oefen. Darüber hinaus besitzen fast alle modernen Oefen erweiterte Brennzone mit einem 0.3 m oder 0.6 m grösserem Durchmesser als der sonstige Teil des Ofens. (Abb. 1, siehe Seite 277).

Diese Durchmesser verstehen sich ausschliesslich einer durchschnittlich, 15.2 cm starken feuerfesten Auskleidung des Ofens.

Der lange Zylinder ist gegen die Horizontale mit 1 : 25-30 geneigt und ist je nach der Länge auf 4 oder 5 Reifen gelagert, welche auf schweren Rollen laufen; der Ofen wird durch ein Zahnradgetriebe auf eine Umdrehungszahl von 1-2 in der Minute gebracht (Abb. 2 Drehofenahnradantrieb, siehe Seite 278). An den Stellen des Ofens, wo sich die Reifen und Lager befinden, ist das Ofenrohr durch weitere Stahlplatten verstärkt.

Das Rohmehl wird dem Drehofen an dessen oberem Ende in kontinuierlichem Strom durch ein Rohr zugeleitet, entweder in Form von Schlamm oder als trocknes Pulver, je nach dem zur Aufbereitung der Rohmaterialien angewendeten Verfahren (Abb. 3, Ursprüngliche Form der Rohmehlzuführung, siehe Seite 278). Das Rohmehl wandert dann vermöge seiner Schwere von dem einen Ende zum anderen des Ofens. Es sind Schlammsprüher und Verteiler angebracht, um das Rohmehl beim Eintritt in den Ofen, wenn es auf die heissen Gase trifft, gleichmässig zu verteilen. Hierzulande wird als Brennstoff fein gemahlene Kohle verwendet, welche an dem unteren Ende oder dem Auslass des Ofens mit einem Gebläse eingeblasen wird.

Wenn der Ofen zu arbeiten beginnt, so wird die feine Kohle verbrannt und im unteren Ende des Zylinders Weissglut erhalten. Alsdann wird das Rohmehl dem Ofen zugeleitet und kommt langsam in die durch die vollkommene Verbrennung der feingemahlenen Kohle geschaffene Hitzezone von der anderen Seite des Ofenrohrs her. Es wird zunächst alles, etwa vorhandenes Wasser abgespalten, dann wird etwa in der Mitte des Zylinders auf Rotglut erhitzt, das Rohmehl verliert seine Kohlensäure und bildet kleine runde Kugeln, welche im unteren Ende weissglühend werden und kommt endlich als gutgebrannter Klinker in erbsengrosser Form aus dem Ofen heraus. Die grösste Hitze ist natürlich in der Nähe der Kohlen-

staubeinblasestelle bezw. in dem unteren Ende des Ofens.

Die Einzeldimensionen des Drehofens sind seit Existenz dieser Brennmaschine Diskussionsgegenstand gewesen. Die ersten Oefen besassen durch die ganze Länge gleichen Durchmesser, aber im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts wurden die Entwürfe abgewandelt. Zuerst wurde das Aufgabeende erweitert (Abb. 4, Alte Drehöfen mit erweiterter Aufgabezone, siehe Seite 280); hierauf wurde ein 6-9 m langes, als Sinterzone bekanntes Stück des heisseren Teils des Ofens im Durchmesser um 30-45 cm erweitert (Abb. 1, Drehöfen mit erweiterter Sinterzone, siehe Seite 277). Der Zweck dieser Erweiterungen war ein doppelter: zunächst sollte mehr Platz für den Teil zur Verfügung stehen, von dem man annahm, dass er den grössten Raum notwendig mache, nämlich für das Trocknen der Rohmaterialien, und zweitens sollte die Leistung der Oefen vergrössert werden, sowie die lästige Bildung von Ringansätzen vermieden werden. Diese Ringansätze sind Anreicherungen von verklinkertem Material welche gelegentlich eine Stärke von 0.3-0.6 m erreichen und endlich einen solchen Umfang annehmen, dass das Material nicht weiter infolge seiner Schwere den Ofen durchwandern kann, und dass in Folge hiervon der Ofen stillgelegt werden muss. Je grösser der Durchmesser der Brennzone ist, um so mehr Raum ist für die etwaige Bildung von Ringansätzen vorhanden, und umso weniger hindern diese Ringe einen Dauerbetrieb. Die erweiterte Sinterzone hat sich bis heute beim Entwurf von Drehöfen erhalten, und es besteht jetzt die Tendenz, diese im Durchmesser 60 cm weiter als den übrigen Teil des Ofens zu machen.

Während der letzten Jahre ist auch eine Erweiterung der sogenannten Kalzinierzone in manchen Kreisen empfohlen und auch tatsächlich durchgeführt worden (Abb. 5, Drehöfen mit erweiterter Kalzinierzone, siehe Seite 281). Diese Erweiterung bezweckt, mehr Raum zu schaffen für den anerkanntermassen schwierigsten Teil des Prozesses im Drehofen, nämlich für die Zersetzung des kohlensauren Kalkes. Dieser Teil des Prozesses erfordert eine Mindesttemperatur von 816° C. und absorbiert erhebliche Wärmemengen, welche grösser als die in der Sinterzone benötigten sind. Die Kalzinierzone ist der Sinterzone benachbart und befindet sich etwa in der Mitte des Ofens. Zwischen den Anhängern der erweiterten Sinterzone und denen der erweiterten Kalzinierzone ist eine Art Kompromiss abgeschlossen worden, nach welchem eine ungewöhnlich lange, erweiterte Zone, die teils dem Kalzinieren teils dem Sintern dient, resultierte.

Der Gedanke, dass auch die Trocknungszone vermehrten Raum beansprucht, ist neuerdings wieder aufgetaucht, und einige Oefen besitzen wieder eine entsprechend erweiterte Aufgabezone, also ein erweitertes Ende des Teils des Ofens, an welchem der Schlamm aufgegeben wird. Jn den ersten Jahren der Entwicklung des Drehofens konzentrierten die Ingenieure ihr Augenmerk mehr auf hohe Leistung als auf rationelle Wärmeausnutzung; neuerdings wird indessen der Wärmebilanz die gleiche Aufmerksamkeit wie der Leistung geschenkt, wenn Verbesserungen durchgeführt werden sollen.

Wenn man die allgemeine Entwicklung des Drehofens verfolgt, so ist ganz offenbar, dass mit grösseren Oefen die Lohnkosten per Tonne Zement fallen, da ein Brennmeister zwei oder selbst drei Oefen überwachen kann, welche zusammen stündlich 30-40 t liefern, während ein Einzelofen von nur 2-3 t stündlicher Leistung die gleiche Personalwartung erforderlich macht.

Klinkerkühler.

Der aus dem Drehofen kommende rotglühende Klinker wird rationell in

der Weise abgekühlt, dass die durch das Kühlen erhitzte Luft zur Verbrennung benutzt wird. Die älteren Drehöfen besitzen, direkt unterhalb angeordnet, Kühler, und die Klinker fallen direkt aus dem Ofen in das Kühlrohr (Abb. 6, Schnitt durch eine ältere Drehofenfabrik mit unterhalb angeordnetem Kühlrohr, siehe Seite 282; Abb. 7, Drehöfen mit darunter angeordneten Kühlern). Die Klinkerkühler sind den Drehöfen ähnliche, aber kleiner dimensionierte zylindrische Rohre (Abb. 8 Auslaufende der ersten Typen von Klinkerkühlern, siehe Seite 283). Sie besitzen Zahnradantrieb wie die Oefen und der heissere Teil ist mit feuerfesten Steinen ausgekleidet, während die untere Hälfte gewöhnlich aus Eisenplatten besteht und mit Schaufellisten (Abb. 9 Jnnenansicht eines kerkühler mit Luftventilator, siehe Seite 284) ausgerüstet ist welche den heissen Klinker bei der Umdrehung hochheben und ihn durch einen zum Klinker im entgegengesetzten Sinne gehenden Luftstrom, der den Drehofen mit der nötigen Verbrennungsluft versorgt, fallen lassen. Während der letzten Jahre ist der mit dem Ofen ungeteilt verbundene Kühler entwickelt worden. Dieser besteht in seiner einfachsten Form aus einer Verlängerung des Drehofens. Wenn der unterste Teil des Drehofens als Kühler wirken soll, so wird das Kohle und Pressluft einblasende Rohr bis zu 6 m in den Ofen hinein verlängert, worauf die Verbrennung erst 6 m hinter dem Ofenende beginnt und der letzte Teil des Ofens als Kühler wirkt.

Diese Art von Kühlern hat sowohl hinsichtlich der Anlagekosten wie der Wirksamkeit Vorteile, weil sie gestattet, dass der Drehofen zu ebener Erde montiert werden kann an Stelle einer erhöhten Anordnung, bei welcher genügend Raum unter dem Ofen für das Kühlrohr vorhanden sein muss. Ueberdies werden die Wärmeverluste durch Strahlung, welche zwischen dem Ofen-und Kühlerende vorkommen vollkommen bei Verwendung des ungeteilten Brenn- und Kühlrohrs vermieden. Dieser nicht geteilte Kühler ist von einigen Jngenieuren dahin entwickelt worden, dass um den Umfang des Drehofenendes eine Anzahl von Hilfsrohren zum Kühlen angeordnet wurde (Abb. 10 Drehöfen mit direkt angegliederten Kühlrohren, siehe Seite 285); es ist wahrscheinlich, dass die endgültige Type des Kühlers noch nicht erreicht worden ist, obwohl es in diesem Zusammenhang ebenfalls wahrscheinlich erscheint, dass der getrennte Kühler bei neuen Oefen nicht mehr zur Aufstellung gelangen wird und als veraltet zu gelten hat.

Mit Bezug auf diese getrennten Kühler, welche naturgemäss noch die Mehrheit der heute bestehenden bilden, ist die Frage viel erörtert worden, ob die zum Kühlen des Klinkers benötigte Luft durch den Kühler und darauf in den Ofen durch den Schornsteinzug angesaugt werden soll oder ob die Luft durch den Kühler und in den Ofen mittels Ventilator geblasen werden soll (Abb. 11 Klinkerkühler mit Luftventilator, siehe Seite 286). Diejenigen, welche das letztere Verfahren befürworten, beanspruchen für dieses bessere Kontrolle der Luftzufuhr, obwohl zusätzliche Kraft verbraucht wird, die nicht benötigt würde, wenn man sich auf den Schornsteinzug verliesse.

Der Klinker tritt in das Kühlrohr mit einer Temperatur von etwa 1100° C. ein, und ein wirksamer Kühler wird ihn mit einer Temperatur abgeben, bei der er weiter gehandhabt werden kann, während gleichzeitig die Verbrennungsluft auf 371° C. erwarmt wird. Wenn man sich vergegenwärtigt, dass die im Klinker enthaltene Wärme, wenn dieser den Ofen verlässt, etwa 5 kg Kohle per 100 kg Klinker äquivalent ist, so wird man sich darüber klar sein, dass die in den Kühlrohren erfolgende Wiedergewinnung von Wärme von beträchtlicher

Bedeutung für eine rationelle Wärmebilanz ist.

Jm allgemeinen kann man die Drehöfen hinsichtlich ihres Brennstoffverbrauchs nicht als wissenschaftlich-wirtschaftlich arbeitend ansehen weil 24-26 kg Kohle (trockene Kohle von 7000 kcal/kg) per 100 kg Klinker verbraucht werden, während vergleichsweise in Schachtöfen der Kohlenverbrauch 15-20 kg beträgt. Andrerseits besitzt aber der Drehofen, in Vergleich zum Schachtofen einen überragenden Vorteil hinsichtlich des Lohnkostenanteils, und es ist ausserdem viel leichter höherwertigeren Zement im Drehofen als im Schachtofen zu erzeugen.

Drehofenfutter.

Drehöfen wurden zuerst Ende des vorigen Jahrhunderts eingeführt, und die ersten Schwierigkeiten erstreckten sich zum grössten Teile auf das Futter solcher Oefen. Die in Drehöfen erreichte Höchsttemperatur beträgt etwa 1650° C., welche bereits einen sehr feuerfesten Ziegel verlangt, wozu aber die durch das Wandern des Klinkers über die feuerfesten Steine entstehende mechanische Abnutzung kommt und wozu endlich, als noch zerstörender wirkend, die Schmelzreaktionen zwischen dem basischen Zementklinker und den sauren Ziegeln treten. Diese Schmelzwirkung schliesst die Bildung von Stoffen aus dem Kalk des Zements und der Kieselsäure sowie Tonerde aus den feuerfesten Ziegeln in sich, da diese bei einer Temperatur von nicht viel über 1100° C. schmelzen so, dass wenn dieser Schmelzprozess nicht verhindert wird, die feuerfeste Auskleidung sauren Charakters eines Drehofens nur wenige Tage halten wird. Es wurde daher notwendig, eine Technik zu entwickeln, nach welcher die feuerfeste Auskleidung mit einer Lage von Zement überzogen wurde, während der Ofen arbeitete, und es wurde weiter notwendig, die Brennmeister der ersten Drehöfen in dieser Technik zu unterweisen. Es wurde festgestellt, dass, so lange ein 5 cm oder 7 cm starker Klinkerüberzug auf der feuerfesten Auskleidung angesammelt wurde, kein weiteres Zusammenschmelzen eintrat, und der Ofen daher ohne Unterbrechung und ohne Futtererneuerung eine beträchtliche Zeit laufen konnte. Sobald jedoch der Ofen abkühlte, fiel dieser Ueberzug ab und mit ihm im allgemeinen auch eine Lage feuerfester Ziegel. Auf Grund der mit der Stillegung verknüpften Schwierigkeiten mechanischer Natur betrug das Durchschnittslebensalter der Auskleidung der Sinterzone eines Drehofens weniger als 6 Monate, wenn feuerfeste Steine sauren Charakters verwendet wurden.

Jn den letzten Jahren sind indessen feuerfeste Ziegel mit einem Gehalt von 60-70% Tonerde in der Sinterzone der Drehöfen verwendet worden, und, da derartige Steine in ihren chemischen Charakteristika neutral sind, so ist die Menge, welche mit Zement zusammenschmilzt, sehr klein. Als Folge hiervon brauchen mit tonerdehaltigen Ziegeln, ausgekleidete Sinterzonen von Drehöfen erst nach 12 Monaten neu ausgefüttert zu werden.

Diese tonerdehaltigen, gelegentlich als Bauxitziegel, bekannten Steine werden aus dem natürlich vorkommenden Mineral Bauxit oder Mineralien ähnlicher Zusammensetzung hergestellt; sie erfordern einen sehr scharfen Brand. Geeignetes Material findet sich in England nicht, so dass entweder die Rohstoffe oder aber die Ziegel eingeführt werden müssen, was sie in Verbindung mit dem notwendigen scharfen Brand beträchtlich teurer gestaltet als die englischen feuerfesten Steine, obwohl die Erfahrung bewiesen hat, dass der höhere Preis durch die längere Lebensdauer in der Praxis voll gerechtfertigt ist.

Magnesitsteine, welche zum grössten Teile aus Magnesia bestehen,

sind ebenfalls in der ersten Zeit der Drehöfen versuchsweise verwendet worden, haben aber keine grosse Verbreitung wegen ihres hohen Preises und der, ihre Lebensdauer begrenzenden Neigung zum Spalten gefunden.

Die Notwendigkeit für Drehöfen, besondere feuerfeste Steine zu beschaffen, beschränkt sich auf die Sinterzone d.h. also auf ein Viertel der ganzen Ofenlänge. Die restlichen 3/4 können sehr wohl mit gewöhnlichen feuerfesten Steinen ausgekleidet werden, weil die Temperatur in den oberen Teilen des Ofens nicht hoch genug ist, um die feuerfesten Eigenschaften dieser Steine durch Angriff zu zerstören oder die beschriebene Art des Zusammenschmelzens hervorzurufen. Der obere Teil des Ofens, der nichts als Rohmehlschlamm bezw. teilweise getrockneten Schlamm enthält, ist gelegentlich mit Beton ausgekleidet worden, der nach Berichten sich an dieser Stelle als durchaus passendes Futter bewährt hat.

Kohlenstaubfeuerung.

Wie vorher bereits erwähnt, wird der Drehofen mit einer, durch die Verbrennung feingemahlener Kohle erzeugten Flamme befeuert. Ein Ventilator findet sich in der Nähe des heissen Ofenendes, um durch ein Gebläserohr von etwa 0.23 m Durchmesser die zur Erhitzung notwendige Kohle zu treiben (Abb. 12 Kohlenzuführungsrohr am Ofen, siehe Seite 287). Die Mischung von Kohle und Luft verbrennt kurz, nachdem sie aus dem Rohr ausgetreten ist und erzeugt eine Flamme von hoher Temperatur. In manchen Fällen ist dieser Ventilator so angeordnet, dass er heisse Luft aus dem Kühlerrohr ansaugt. Die in den Ofen gelangende Mischung von heisser Luft und Kohle brennt schneller als eine solche kalter Luft und Kohle und liefert eine heissere Flamme, während gleichzeitig dazu beigetragen wird, etwas von der Wärme der abzukühlenden Klinker wiederzugewinnen. In anderen Fällen bezieht der Kohlenstaubfeuerungsventilator seine notwendige Luft von der Kohlenmühle oder dem Kohlentrockner, indem er auf diese Weise die genannten Maschinen gleichzeitig ventiliert.

Die Mahlung der Kohle.

Damit, wie es im Drehofen erforderlich ist, eine Kohlenstaubflamme schnell verbrennt, ist es notwendig, dass die Kohle trocken und fein gemahlen ist, und diese Voraussetzung bedingt Trocknen und Mahlen der Kohle, wenn sie vom Bergwerk gekommen ist.

Noch vor wenigen Jahren hielt man Kohlentrockner für notwendig. Diese hatten die Form rotierender Trommeln von 12.2 m Länge und 1.22 m Durchmesser, wobei die Kohle oben eintrat und infolge der Rotation der Trommeln diese passierte. Heisse Luft aus den Klinkerkühlern oder heisse Gase aus einem, gesondert in einer Kammer aus Ziegelmauerwerk errichteten Ofen passierten zuerst die Aussenwände der Trommeln und gingen dann durch die Mitte dieser hindurch. Der Wasserdampf aus der Kohle wurde entweder ins Freie geleitet oder in den Ofen durch das Kohlenstaubgebläse angesaugt (Abb. 14 Kohlentrockentrommel während des Baues mit gesondertem Innenrohr, siehe Seite 289; Abb. 15 Zuleitungsseite einer Kohlentrockentrommel. Da man vermeiden musste, die Temperaturen in den Kohlentrokkentrommeln so hoch zu halten, dass die Kohle verbrannte, war das Trocknen der Kohle auf diese Art ein wenig wirksames Verfahren. Die Wasserverdampfung überschritt selten 2 kg per 1 kg Kohle. Von der Trockentrommel wurde die Kohle auf Mühlen gebracht, die entweder Rohrmühlen nach dem Typ, wie er bei der Klinkervermahlung beschrieben ist, oder Pendelmühlen waren. Von den Mühlen gelangte der Kohlenstaub

auf Silos oder Trichterbehälter, bevor er in den Ofen geblasen wurde.

Man wusste, dass schnelle Verbrennung der Kohlen im Ofen wünschenswert war, und ein Mittel, diese zu erreichen, war feine Mahlung. Jn den letzten Jahren sind in einem Einzelaggregat zusammengefasste Trockner und Mühlen für Kohle populär geworden (Abb. 16 Kohlentrockner und-mühle in einem Aggregat, siehe Seite 290). Diese Apparate übernehmen kleine Stückkohle, wie diese aus dem Bergwerk angeliefert wird, ohne sie zu trocknen und mahlen sie, worauf sie in den Drehofen geblasen wird so, dass diese Maschinen also die Funktionen der früher notwendigen Einzelapparaturen wie Kohlenmühle, Trockentrommel und Kohlenstaubgebläse in sich vereinigen. Diese Mahlmaschinen besitzen gelegentlich die Form von Zerkleinerungsapparaten, welche bei hoher Geschwindigkeit mit Scheiben um eine horizontale Achse laufen, während in anderen Fällen sie die Vereinigung einer kleinen Kugel-und Rohrmühle mit Windsichtungsseparator darstellen. Jn beiden Fällen ist es erforderlich, dass aus dem Klinkerkühler heisse Luft angesaugt wird, um die Mahlung der nassen Kohle zu erleichtern. Wird Windsichtung angewendet, so wird die Masse des Kohlenstaubs abgetrennt und kann dann in Trichterbehältern eingelagert werden. Diese Maschinen sind dann in ihrer Wirksamkeit begrenzt, wenn sehr nasse, mehr als 10% Feuchtigkeit enthaltende Kohle zur Verfügung steht; sie eignen sich nicht so gut zum Feinmahlen von Kohle, die notwendig ist, wenn gewisse Arten von Kohle benutzt werden.

Art der Kohle.

Jn gewissem Sinne ist es richtig, wenn man erklärt, dass fast jede Kohlenart zur Befeuerung von Zementdrehöfen verwendet werden kann, vorausgesetzt dass die Kohle, bevor sie in den Ofen geblasen wird, entsprechender Behandlung unterzogen wurde. Allgemein genommen ist jedoch das Jdeal einer zum Brennen von Zement in Drehöfen zu verarbeitenden Kohle, wenn der Preis in Verbindung mit der Qualität in Betracht gezogen werden, eine solche, die weniger als 5% Feuchtigkeit, nicht mehr als 10% Asche und mindestens 20% flüchtige Stoffe enthält. Solche Kohle kann vorteilhaft verwendet werden, wenn sie auf eine Feinheit von 20% Rückstand auf dem 4900 qcm Sieb vermahlen wird. Es sind indessen auch Fälle bekannt, bei welchen der Rückstand 30% auf dem 4900 qcm Sieb überschritt, und die dennoch ein gutes Arbeiten ermöglichten, obwohl in diesem Falle die Asche der grobgemahlenen Kohle die Neigung besitzen kann, sich in einem Teil des Ofens anzusammeln und Klinker-Ringansätze zu bilden. Ausserdem herrscht dann nicht die schnelle Verbrennung vor, welche für eine gute Wärmebilanz wertvoll ist. Es würde auch möglich sein, Kohle zu verwenden, die weniger als 20% flüchtige Bestandteile enthält, vorausgesetzt, dass ihre Mahlfeinheit so weit getrieben ist, dass schnelle Verbrennung ermöglicht wird. Auf manchen Werken beträgt der Rückstand auf dem 4900 qcm Sieb daher nicht mehr als 5%. Es ist eine Kalkulationsfrage, ob der Kohlenstaub, der so fein gemahlen wird, durch die Billigkeit der Kohle, welche wenig flüchtige Substanz enthält, aufgewogen wird. Der Prozentsatz an Asche mag und kann in verhältnismässig weiten Grenzen schwanken, und es sind Drehöfen mit bestem Ergebnis mittels einer Kohle befeuert worden, die 25% Asche enthielt. Man muss indessen in Rechnung stellen, dass ein grosser Teil der Asche von der zur Befeuerung von Drehöfen benutzten Kohle sich mit dem Zementrohmehl mischt und die chemische Zusammensetzung derart ändert, dass es für den Chemiker notwendig wird, die chemische Zusammensetzung des Rohmehls abzuän-

dern, um den Aenderungen in der Zusammensetzung zu begegnen, welche aus der Zumischung von viel Kohlenasche entstehen.

Schlamm Verteiler.

Die bereits erwähnten Rohmehlschlammverteiler am Aufgabeende des Drehofens bezwecken, das Rohmehl gleichmassig zu verteilen und es mit den Gasen, die den Ofen aufwärts durchströmen, in innige Berührung zu bringen. Wenn beim Nassverfahren kein Versuch gemacht wird, das Rohmehl durch Schaufelleisten oder andere Vorrichtungen zu verteilen, können die den Ofen verlassenden Gase Temperaturen con 500° C. und darüber erreichen, was einen beträchtlichen Wärmeverlust bedeutet. Man hat daher eingehende Untersuchungen angestellt mit Rohmehlzerstreuern verschiedener Art zum Zwecke der Verteilung des Schlamms und zur Erreichung inniger Berührung dieses mit den heissen Gasen.

Diese Verteiler besitzen die Form von Schöpfeimern, welche sich an der Jnnenwand des Ofens befinden oder die von sternartigen Scheidewänden welche den Querschnitt des Ofens am Aufgabeende ausfüllen oder aber die eines konzentrischen Rohres bezw. eines Satzes von Rohren oder aber endlich in neuester Zeit die Form von lose im Jnnern des Ofens aufgehängter Kettengirlanden (Abb. 13 Jnneres eines Drehofens mit Kettengirlanden, siehe Seite 288). Die Art der Rohmehlschlammverteiler hat sich der Art des Schlamms anzupassen. Bei viskosem Rohmehlschlamm sollen die Verteiler sehr einfacher Natur sein, da andernfalls die Gefahr besteht, dass sich Schlammklumpen anreichern, welche den Zug im Ofen beeinträchtigen, während bei dünnerem Schlamm mit Vorteil komplizierter konstruierte Verteiler angewendet werden können.

Richtig entworfene Rohmehlschlammverteiler bewirken in erfolgreicher Weise, dass die Temperatur der die Oefen verlassenden Gase auf etwa 250° C. herabgeht. Es ist klar, dass die Anbringung dieser Verteiler im Ofen den Durchgang der heissen Ofengase erschwert so, dass bei komplizierter konstruierten Verteilern eine Ventilationvorrichtung notwendig wird, um die Gase beim Durchtreten zu unterstützen.

Obwohl der Drehofen auf ein angenähert 30 Jahre währendes Bestehen zurückblicken kann, herrscht noch keine allgemeine Uebereinstimmung hinsichtlich der Technik des Brennverfahrens. Die Art der Flamme kann sehr beträchtlich durch Abänderung des Brennrohres und seiner Stellung und durch das Verhältnis zwischen der mit dem Gebläse eintretenden Luft zu der sekundär in den Ofen tretenden Luft verändert werden. Es gibt wahrscheinlich mehrere Wege, um das gleiche Ziel zu erreichen; es ist aber ein bemerkenswerter Fortschritt mit Bezug auf die heute in Drehöfen herrschende Wärmeausnutzung im Vergleich zu fünf Jahren früher, zu verzeichnen. Jm Ergebnis gewährleisten die Ofenfabrikanten heute einen Maximalkohlenverbrauch von 24% bezogen auf erzeugten Klinker bei einem, 40% Wasser enthaltenden Rohmehlschlamm gegenüber 29% und mehr bei den alten Ofentypen.

Wissenschaftliche Betriebsüberwachung des Drehofens.

Jn den Anfangsstadien der Drehofenentwicklung beruhte die Kontrolle auf einer Art " Daumen "-Regel; in den letzten Jahren ist mit beträchtlichem wirtschaftlichem Vorteil indessen die wissenschaftliche Betriebsüberwachung zur Einführung gelangt. Es kann jetzt behauptet werden, dass keine kohlenverbrennende Jndustrie eine solch vollkommene Verbrennung wie in gut überwachten Zementdrehöfen aufzuweisen vermag, da diese Oefen die Verbrennungsprodukte mit praktisch ohne jeden Ueberschuss an

Luft und unverbrannter Kohle abgeben.

Um eine solch vollkommene Verbrennung zu erzielen, ist es notwendig, ständige Analysen der den Drehofen verlassenden Gase zu besitzen. Dieses wird mittels elektrisch arbeitender Jnstrumente ausgeführt, welche Gasproben entnehmen und diese kontinuierlich auf die Mengen an Kohlensäure, Sauerstoff und Kohlenstoffoxyd prüfen. Hierdurch wird der Chemiker in den Stand gesetzt, sofort jede unvollkommene Verbrennung, die durch Abänderung der zugeführten Luft abgestellt werden kann, zu entdecken.

Selbst in den besten Drehöfen wird beträchtliche Wärme infolge der hohen Temperatur der, die Oefen verlassenden Gase verloren. Auch in diesem Falle ist ein ständiges Registrieren der Temperatur zwecks Verhinderung des vermeidbaren Verlustes an Wärme nötig. Ein gut entworfener Ofen wird seine Gase mit einer unter 210° C. liegenden Temperatur abgeben, während bei einigen älteren Oefen diese Temperatur 500° C. erreichen kann und damit einen Verlust von 5 t Kohle per 100 t Klinker, im Vergleich zu dem wirksamer arbeitenden Drehofen, aufweist.

Ein anderer wichtiger Faktor der wirksamen Wärmeausnutzung ist die Kontrolle der Luftzufuhr, um sicher zu stellen, dass möglichst viel der zur Verbrennung benötigten Luft durch die den Ofen verlassenden Klinker vorerhitzt wird. Die Kontrolle dieser Angelegenheit macht den Gebrauch von Zugmessern, um den Luftstrom zu bestimmen, notwendig. Das Ziel des Drehofenkontrolleurs ist eine möglichst vollkommen gleichmässige Rohmehlzufuhr und eine ebenso vollkommen gleichmässige Zufuhr von Kohle und Luft, damit keine Abänderungen notwendig werden und die Leistung an vollkommen gleichmässig gebranntem Klinker auch mengenmässig gleichbleibend erhalten werden kann. Dieses Jdeal ist indessen in der Praxis nicht erzielbar, weil die Menge des den Ofen passierenden Materials schwankt, und weil auch die Qualität der Kohle sich ändert. Man muss daher Möglichkeiten besitzen, sich anzupassen; diese können sowohl in der Menge des den Ofen passierenden Rohmehls wie in der Kohlensorte bestehen. Das üblichere Mittel ist aber die Aenderung der Umdrehungsgeschwindigkeit des Ofens, mittels welcher der Durchsatz des Materials durch den Ofen je nach Bedarf verlangsamt oder beschleunigt werden kann.

Ueber den Wärmeverlust durch die hohe Temperatur der Schornsteingase ist bereits berichtet worden. Der nächstwichtige Verlust ist wahrscheinlich der durch Strahlung von den Oberflächen des Ofens und des Kühlrohrs. Derartige Strahlungsverluste nimmt man allgemein als äquivalent mit 4 t Kohle per 100 t Klinker an. Einige Versuche, diesen Verlust zu mindern, sind durch Jsolierung des Ofenumfangs, gewöhnlich durch Anbringung von Schichten aus wärmeisolierendem Material zwischen der feuerfesten Auskleidung und den Stahlplatten des Ofens, vorgenommen worden. Gelegentlich ist die Strahlungswärme des Ofenumfangs auch zum Trocknen von Kohle verwendet worden.

Die beschriebenen Fortschritte des modernen Drehofens sind namhaft gemacht, und die Verbesserungen auf wirtschaftlichem Gebiete sind für diesen Ofen während der letzten fünf Jahre grösser als während der früheren Jahrzehnte seiner Anwendung. Tatsächlich kann die Jndustrie Gross-Britanniens sich mit der jedes anderen Landes der Welt hinsichtlich der wirtschaftlichen wie wissenschaftlichen Seite der Zementherstellung messen.

Zement - Beanstandungen.—I.

EIN BERICHT ÜBER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.

von H. A. HOLT.

Die Ermittlung der Ursachen von Fehlausführungen in Beton setzt seitens des Untersuchers gelegentlich ein hohes Mass von Hineindenken in den Gegenstand voraus. Es scheint immer noch der Gedanke zu herrschen, dass selbst bei Gegenwart geringfügiger Zementmengen die Natur der übrigen Bestandteile bedeutungslos sei. Die Güte des neuzeitlichen Portlandzements ist bis zu einem gewissen Grade dafür verantwortlich, diesen Gedanken genährt zu haben, da der Zement gelegentlich genügende Festigkeit liefert, um den zerstörenden Einfluss schlechter Zuschlagstoffe oder minderwertiger Ausführung zu überwinden. Diese Güte des Zements erhält den Beton und ermöglicht es überhaupt, dass er die an ihn gestellten Anforderungen, wenn sie nicht zu hohe sind, besteht. Ein solcher Beton ist indessen unbefriedigend und auf lange Sicht selten wirtschaftlich.

Derartige Fälle sind aber bei weitem in der Minderzahl. Das Güteniveau des in diesem Lande hergestellten Betons wächst ständig in dem Masse, wie Architekten und Jngenieure die Wichtigkeit derartiger Dinge wie sorgfältige Auswahl der Zuschlagstoffe, Kontrolle der Menge des Anmachewassers und Nachbehandlungsmethoden zu würdigen wissen und in dem Masse, wie sie immer mehr Vorschriften einführen, welche in ihren Normen diese Dinge betreffen.

Die Ergebnisse von Laboratoriumsuntersuchungen und -analysen vieler Proben schlechter Betone haben viele verschiedene und nicht misszuverstehende Fehler aufgezeigt, von denen jeder einzelne die Zerstörungsursache sein kann. Bei 47 von 400 Mustern war es nicht möglich, die Fehlerquelle zu ermitteln. Bei 353 Proben minderwertiger Betone wurden 629 mögliche Ursachen der Zerstörung festgestellt, woraus hervorgeht, dass bei der Mehrzahl der Fälle die Minderwertigkeit des Betons nicht auf einer Ursache beruhte, sondern auf das Zusammentreffen mehrerer Faktoren zurückzuführen war, welches derart die Güte des Betons minderte, dass hieraus die Ursache der Reklamation resultierte. Aus der folgenden Untersuchung geht hervor, dass eine solche nur dann vollständig ist, wenn jede nur einigermassen verständliche Zerstörungsursache geprüft wird. Wenn man sich mit der Feststellung einer ersten und einzigen Fehlerquelle begnügt, so kann es vorkommen, dass ein anderer, wesentlich schädlicherer Faktor übersehen wird. Es soll darauf hingewiesen werden, dass die zu beschreibenden Untersuchungen sich nicht mit Betonkonstruktionsfehlern befassen, sondern sich zumeist auf Reklamationen über unbefriedigende Güte von Beton wahrend des Baus oder bei der Herstellung von Betonwaren erstrecken.

Wenn ein Beton nicht das leistet, was von ihm erwartet wird, so beliebt der über geringe Erfahrung verfügende Betonhersteller mit eintöniger Regelmässigkeit, dem Zement das Verschulden zu geben, wobei er allerdings ganz die Tatsache vergisst, dass gerade der Zement der einzige unter wissenschaftlicher Kontrolle von Fachchemikern entstandene Bestandteil ist, und dass viele Fehlschläge viel wahrscheinlicher aus unrichtigen Zuschlagstoffen oder fahrlässiger Verarbeitung resultieren. Bei den 400 Proben untersuchten Betons stellte sich nur in einem einzigen Falle heraus, dass der

Zement infolge schnellbindender Eigenschaften die Ursache des Fehlschlages war. Jn 6 Fällen hatte der Zement Kohlensäure aus der Luft gebunden, weil er zu lange oder falsch auf der Baustelle bezw. auf dem Lager gelagert hatte.

Ursachen für fehlerhaften Beton.

56% aller Fälle erklärten sich in dieser oder jener Form aus schlechter Verarbeitung, während der Rest auf falsche Materialien zurückzuführen war. Hinsichtlich der untersuchten 400 Betonproben gibt die folgende Uebersicht, nach Zahl der Fälle geordnet, die Fehlerquellen an:

83 Fälle (20,7%): Mischungen mit zu niedrigem Zementgehalt, wodurch ein schwacher und poröser Beton bezw. Mörtel resultierten.

49 Fälle (12,3%): Mit organischen Stoffen verunreinigte Zuschlagstoffe, welche verzögerte Erhärtung und in extremen Fällen Ausfall jeder Erhärtung bedingten. Die Zahl dieser Fälle ist nicht höher, weil die Feststellung organischer Bestandteile in den Zuschlagstoffen durch Analyse des Betons häufig unmöglich ist.

48 Fälle (12%): Schlechtes Mischen oder ungenügend langes Mischen, was zu ungleichmässiger Verteilung von Zement und Sand und späterhin zu Nestern, nur aus Zuschlagstoffen bestehend, führte.

47 Fälle (11,75%): Ursache nicht feststellbar. Jn vielen dieser Fälle war die Zerstörungsquelle zwar zu vermuten aber infolge ungenügender Jnformation nicht zu beweisen. Andere Fälle waren wahrscheinlich auf organische Verunreinigungen, zu kleine und uncharakteristische Proben, ungenaue Vorschriften bei der Bauausführung und sonstige lokale Umstände, von denen der Untersucher keine Kenntnis hatte, zurückzuführen.

43 Fälle (10,75%): Sand oder Zuschlagstoffe, die einen Ueberschuss an Lehm oder Ton enthielten, wodurch entweder der Sand zusammenballte oder die Zuschlagstoffe mit einem Ueberzug, der die Haftung mit dem Zement verhinderte, bedeckt waren. Jn diesem Zusammenhang ist die Art des gegenwärtigen Lehms oder Tons von grösserer Bedeutung als deren tatsachliche Menge. Eine geringe die Zuschlagstoffe wie einen Film überziehende Menge Lehm ist wesentlich schädlicher als eine verhaltnismässig grosse, in Form eines losen Pulvers vorhandene, sofern diese letztere nicht chemisch schädlich einwirkt.

36 Fälle (9%): Zu feiner Sand oder ein Ueberschuss an mehlartigem, feinem Staub bei den Grobzuschlägen. Dieses ist ein allgemeiner Fehler, der einen Mörtel geringer Festigkeit ergibt, und der ausserdem eine schlechte Haftung zwischen Zement und Zuschlägen bewirkt. Ein gewisser Anteil an feinem Sand ist notwendig, aber nicht notwendiger als ein grösserer Anteil an grobkörnigem Sand. Jn 2 Fällen (0, 5%) nur war die Ursache ein zu grober Sand mit zu wenig feinen Anteilen. Es resultierte ein poröser Beton schlechter äusserer Beschaffenheit.

35 Fälle (8,7%): Fälle, bei denen zu viel Anmachewasser verwendet worden war, wodurch sich ein äusserst bedenklicher Abfall der Betonfestigkeiten besonders in der ersten Erhärtungszeit, sowie Entmischung und das Auftreten von gelegentlichen Schrumpfrissen ergaben. Die genannte Zahl gibt nicht die wahre Menge der Fälle an, bei denen eine zu nasse Mischung verwendet wurde, da man wohl nach dem Aussehen des Betons auf zu viel Anmachewasser in der Mischung schliessen, es aber oft unmöglich analytisch beweisen kann. Jn 15 dieser Fälle ergaben unzureichende Anmachewassermengen unvollkommen hydratisierten Zement, Festigkeitsabfall, Ungleichmassigkeit und Porosität des Betons.

34 Fälle (8,5%): Unrichtige Korngrössenverteilung der Zuschlagstoffe,

wobei in 3 Fällen der Mangel an mittelgekörntem Material die Ursache des Fehlschlages war. Meistens, also bei den übrigen 31 Fällen, besassen die Zuschlagstoffe für den speziellen Verarbeitungszweck nicht passende Korngrösse, wodurch schlechte Erhärtung, Porosität und mangelhafte Ueberdeckung der Bewehrungseisen bedingt wurden.

34 Fälle (8,5%): Uebersandete Mischungen, woraus ein schwacher Beton resultierte, da die Oberfläche der Sandanteile grösser als die der Grobzuschläge ist und daher mehr Zement zur Bindung notwendig macht. Jn 22 Fällen (5, 5%) enthielten die Mischungen zu wenig Sand, was ein wesentlich bedenklicherer Fehler ist, da alsdann ein poröser Beton und Freiliegen der Grobzuschläge entsteht.

25 Fälle (6,25%): Fehlschläge, die lediglich völlig falscher oder fahrlässiger Verarbeitung beim Einbringen und Stampfen des Betons ihre Entstehung verdanken, wodurch sich eine lose, wenig feste und poröse Masse ergab. Wenn diese Art von Beton bewehrt wird, so besteht die Gefahr, dass die Eisen nicht genügend eingebettet und überdeckt werden, wodurch Schwäche in der Konstruktion und Rosten der Eiseneinlagen sich ergeben kann.

23 Fälle (5, 75%): Zu hoher Kohleanteil in Zuschlägen wie Müllschlacke oder Klinkergrus, welcher Volumenvergrösserung im Beton, verknüpft mit Rissbildung und Zerstörung, bedingt.

20 Fälle (5%): Anwesenheit von Schwefel in Form von Sulfiden, wie sie dem Wetter nicht ausgesetzte Schlacken, Müllschlacken, Klinker und Spate enthalten, wodurch langsame Erhärtung und Zerstörung des Betons bei Oxydation der Sulfide verursacht wird. 13 Fälle betrafen (3, 25%) Zuschlagstoffe, die Schwefel als Sulfate, wie bei Spaten, Schlacken, Klinker und Müllschlacken, enthielten. Es trat allmähliche Rissbildung und Zerstörung ein.

19 Fälle (4,75%): Fälle in denen die Nachbehandlung des Betons unrichtig war, indem dieser nicht genügend gegen Frost, Sonne, austrocknenden Wind und andere zu schnell austrocknende Einflüsse geschützt war. Die Anzahl dieser Fälle würde höher sein, wenn nicht die Schwierigkeit darin bestände, diesen Fehler durch äusseren Befund oder Analyse beweisen zu müssen.

15 Fälle (3,75%): Verwendung schuppig-geschichteter oder nahezu kugelförmiger Zuschläge, wodurch Hohlräume entstehen und in der Folge geringe Festigkeit und Porosität festzustellen ist.

14 Fälle (3,5%): Zuschläge mit geringer Eigenfestigkeit, wie z.B. weiche Sandsteine und verwitternde Eruptivgesteine. Diese Zuschläge besitzen beim Stampfen oder Verdichten der Betonmasse die Tendenz zu zerbrechen und bilden daher naturgemäss mechanisch wenig widerstandsfähige Nester im Beton.

9 Fälle (2,25%): Zerstörungen die auf die Einwirkung industrieller Chemikalien zurückzuführen sind, denen der ungeschützte oder nicht genügend geschützte Beton ausgesetzt ist.

8 Fälle (2%): Mit Gips oder Gipsmörtel verunreinigte Zuschlagstoffe, wie zerkleinerte Ziegel, wodurch Schnellbinden des Zements eintrat.

7 Fälle (1,75%): Ueberschuss an Hohlräumen im Beton, für welchen im Einzelnen die Ursache nicht nachgewiesen werden konnte, der aber wahrscheinlich auf einer Kombination verschiedener Umstände beruhte. Jn 2 Fällen jedoch war die Ursache darin zu sehen, dass der Beton in fliessendes Wasser gebracht worden war, wodurch Zement und Sand weggespült wurden.

6 Fälle (1,5%): Zement, der Kohlensäure gebunden hate, da er zu lange oder falsch gelagert worden war, wodurch sich Abbindeverzögerung und bei extremen Fällen Erhärtungsverzögerung einstellten.

5 Fälle (1, 25%): Kohlenstoffhaltige Zuschlagstoffe, welche die Erhärtung verzögerten.

4 Fälle (1%): Fehlschlag infolge Vermischung von Portland-mit Tonerdezement, was ausserordentlichen Umschlag in Schnellbinder zur Folge hatte.

4 Fälle (1%): Verwendung von zu fetter Mischung. Jn allen Fällen bestanden die Proben aus nahezu reinem Zement, was zu starken Schwindrissen Veranlassung gegeben hatte.

3 Fälle (0,75%): Zu hoher Gehalt der Zuschläge an pflanzlichen Stoffen, wie Blättern und Gras, wodurch eine physikalische Schwächung des Betons eintrat, unabhängig von der Wirkung organischer Verunreinigungen auf Zement.

1 Fall (0,25%): Fehlschlag infolge Gehalts der Zuschlagstoffe an freiem Kalk, der Treiberscheinungen und Zerstörung des Betons verursachte.

1 Fall (0,25%): Fehlschlag infolge ungenügender Ueberdeckung der Bewehrungseisen, was sich in Oxydation und Volumenvergrösserung der Eiseneinlagen bemerkbar machte.

1 Fall (0,25%): Der einzige Fall eines fehlerhaften Zements, da dieser schnellbindend war.

Wie bereits erwähnt, wurden bei 90% der Betonproben wenigstens zwei ausgesprochene Fehler festgestellt; in vielen Fällen waren aber deren mehr als zwei vorhanden, welche das Erzeugnis beeinträchtigten. Jm Folgenden sollen Einzelfälle besprochen werden, bei denen mehrere Faktoren zusammenkamen, um die Fehlausführung zu bewirken.

Mangelhafte Erhärtung.

Ein Beton erhärtete unbefriedigend und war von geringer Festigkeit. Bei der Untersuchung wurde festgestellt, dass er aus einem Teil Zement, 0, 8 Teilen Sand und 3, 2 Teilen Schlacke bestand. Die Korngrössenverteilung der Zuschläge war schlecht, da sich kein mittelkörniges Material vorfand, der Sand ausgesprochen zu fein und bei hohem Lehmgehalt in ungenügender Menge anwesend war. Ausserdem ergab die Analyse die Anwesenheit von Schwefel in Sulfidform und als Schwefelsäureanhydrid mit wenigstens 2% mehr als dem gewöhnlichen aus dem Zement stammenden Gehalt. Zu diesen Ursachen kam die Tatsache, dass der Zement Kohlensäure gebunden hatte, obwohl er noch den englischen Normen genügte. Später stellte sich heraus, dass der Zement auf der Baustelle unter schlechten Bedingungen gelagert hatte. Es war auf Grund dieser Fehler nicht zu verwundern, dass der Beton geringe Festigkeit aufwies und dass die Erhärtung des Zements sich verzögert hatte.

Jn einen anderen Falle war die Erhärtung des Betons mangelhaft. Die Farbe des Betons war die eines hellen Biskuits, was zunächst aus dem Ueberschuss an Anmachewasser abzuleiten war, da sich dann oft ein hellgefärbter Beton ergibt. Sodann beruhte die Hellfärbung auf einem hohen Tongehalt der Zuschlagstoffe. Beim Zerbrechen des Betons konnten die Zuschläge ganz sauber aus dem Beton entfernt werden, wobei die entstandenen Hohlräume, mit Tonsubstanz überzogen, die sich ursprünglich auf dem Zuschlagsmaterial als dünner Film abgesetzt hatte, zurückblieben. Der Beton war schlecht gemischt worden und die Zuschläge waren ungleichartig gekörnt mit dem Resultat, dass sich viele Hohlräume gebildet hatten.

In einem weiteren Falle, in dem der Beton unbefriedigend erhärtete, stellte

sich als Ursache der Minderwertigkeit Folgendes heraus: Uebersandete Mischung, Zuschläge mit hohem Gehalt an Lehm und organischen Verunreinigungen, zu feiner Sand, zu magere Mischung, Ausserdem waren Anzeichen dafür vorhanden, dass die Menge des Anmachewassers falsch gewählt worden war. Der ungenügend geschützte Beton war endlich auch durch Frost angegriffen worden. Es ist einigermassen schwierig, festzustellen, welche Fehler ausser diesen noch hätten gemacht werden können, und doch schob der Hersteller dem Zement die Schuld zu.

Korngrösse und Verunreinigungen des Sandes.

Sehr interessante Ergebnisse wurden erhalten bei der Untersuchung der Mörtelfestigkeit von 3 verschiedenen Sandarten und zwar von folgenden:

Sand A: grobkörnig, frei von Lehmgehalt.

Sand B: wie A, mit 12, 5% Lehmgehalt.

Sand C: feinkörnig, mit 12, 5% Lehmgehalt.

Es wurden Würfel hergestellt aus einem Teil hochwertigem Portlandzement und 3 Teilen der genannten Sande. Die Festigkeiten nach 24 Stunden und 7 Tagen waren:

Sand "A"		Sand "B"		Sand "C"	
24 Std.	7 Tage	24 Std.	7 Tage	24 Std.	7 Tage
		in kg/cm.²			
273	651	161	539	112	490
245	630	157,5	525	112	490
238	602	154	490	112	490
252	627	157	518	112	490

Es ist interessant den Festigkeitsabfall festzustellen, der einmal durch den Lehmgehalt, zum anderen durch zu feinkörniges Material verursacht worde. Der grobe, verunreinigte Sand B, ergibt, obwohl seine Kornzusammensetzung der des groben reinen Sandes A angenähert gleich ist, infolge seines Lehmgehaltes auffallend niedrigere Festigkeiten. Der feinkörnige Sand C ergibt noch niedrigere Festigkeiten, als sie mit dem Sand B erhalten wurden und zwar lediglich infolge der verschiedenen Kornzusammensetzung, da die Menge und Art des zugesetzten Lehms bei beiden Sanden gleichgeblieben war. In diesem speziellen Falle waren keine organischen Stoffe gegenwärtig; es kommt aber sehr häufig vor, dass lehmhaltige Grubensande mit organischen Substanzen verunreinigt sind. Im Laufe der Zeit überlagert sich ein Sandvorkommen oder ein solches von sedimentärem Gestein mit aufeinanderfolgenden Schichten von verfaulter Vegetation und Blättern. Regen wäscht die organischen Stoffe aus und bringt diese in den Sand, der, wie ein Filter wirkend, diese zurückhält und nur das gereinigte Wasser durchsickern lässt. Es kommt nicht selten vor, dass der Sand einer Grube in deren oberem Teil die vegetabilischen Stoffe anreichert, während die unteren Teile nahezu frei von Verunreinigungen sind.

Organische Bestandteile in den Zuschlägen.

Obwohl in Grubensanden und Schotter fast immer organische Stoffe enthalten sind, kommt es trotzdem gelegentlich auch vor, dass andere Zuschläge wie Kalksteine, Granite und Flussande mit organischen Verunreinigungen behaftet, Fehlschläge bei Betonausführungen verursachen. In einem Falle, bei welchem ein Beton für eine Stützmauer nach 9 Tagen noch kein Anzeichen der Erhärtung aufwies, wurde festgestellt, dass als Magerungsmittel Ziegelbruch ver-

wendet worden war. Bei der Prüfung wurde ermittelt, dass dieser keines der üblichen Bestandteile enthielt, welche sonst gelegentlich in Ziegeln als zementschädlich angetroffen werden. Erst als als letztes Hilfsmittel zu der Natronlaugenprüfung geschritten wurde, stellte sich überraschenderweise ein solch hoher Gehalt an organischen Verunreinigungen heraus, dass die Verzögerung in der Erhärtung des Zements erklärlich wurde.

Kohlenstoff-Gehalt.

Kohlenstoffgehalt unterscheidet sich von organischen Verunreinigungen, doch übt er eine ähnliche Wirkung aus, wenn er in Sanden angetroffen wird. Er findet sich gelegentlich in Form von Braunkohle, besonders in den schottischen und irischen Grubensanden. Es sind Fälle bekannt, wo einzelne Stellen eines Betons weder erhärten noch trocknen wollten, worauf sich bei der Untersuchung ergab, dass der Kern dieser Stellen aus einem kleinen Stück Braunkohle bestand. Je feinkörniger die Braunkohle ist, um so grösser ist auch ihre Verteilung in den Zuschlagstoffen und um so stärker und allgemeiner ist augenscheinlich ihre zerstörende Wirkung.

(Fortsetzung folgt.)

ANMERKUNG DER SCHRIFTLEITUNG.

Der Herausgeber der internationalen Zeitschrift „ Cement and Cement Manufacture " fordert die Leser dieser Zeitschrift auf, ihm Artikel zur Veröffentlichung zur Verfügung zu stellen. Das Manuskript kann in englischer französischer, deutscher oder spanischer Sprache eingereicht werden und wird in die drei anderen Sprachen durch Fachleute übersetzt.

Es werden Abhandlungen erbeten über alle neuen Gedanken oder Entwicklungen in der Herstellung, Chemie oder Prüfung von Zement oder über verwandte Themata, die für die Zementindustrie von allgemeinem Interesse sind. Beschreibungen und Ansichten neuer, in allen Teilen der Welt errichteter Zementfabriken sind ebenfalls willkommen.

Die Hersteller von Zementmaschinen sind ebenfalls aufgefordert, Mitteilungen und Ansichten zur Verfügung zu stellen, welche sich auf neue von ihnen erbaute Werke und Neueinrichtungen ihrer Fabriken beziehen. Derartige Beiträge sind eingeschrieben zu senden an den Herausgeber von „ Cement and Cement Manufacture," Dartmouth Street 20, Westminster, London, S.W.1 (England).

Erweiterung der Portland-Zement-Fabrik Groschowitz.

Im Frühjahr 1927 beschloss die Schlesische Portland-Cement-Industrie Akt.-Ges., Oppeln, ihre Fabrikanlagen in Groschowitz (Oberschlesien) durchgreifend zu erweitern. Die Tagesleistung der vorhandenen Dickschlamm-Anlage von 200 t Zement sollte um 500 t erhöht werden. Beim Entwurf der Erweiterung wurde ein nochmaliger Ausbau der Anlage auf 1200 t Tagesleistung vorgesehen. Mit den Ausschachtungsarbeiten wurde im Herbst 1927 begonnen. Im Oktober 1928 konnte bereits der Betrieb im neuen Werke, dessen gesamte maschinelle Ausrüstung das Krupp-Grusonwerk, Magdeburg, lieferte, aufgenommen werden.

Die im Bruch durch Löffelbagger (Abb. 1, Seite 298) gewonnenen Rohstoffe gelangen in Klappkübelwagen von 6 t Fassungsvermögen zum Zementwerk. Hier hebt ein Laufkran von 10000 kg Tragkraft (Abb. 2, Seite 299) die Kübel von den Wagenuntergesellen ab und entleert ihren Inhalt vollkommen selbsttätig in die Einwurftrichter zweier Hammerbrecher, die stündlich 250 t Kalkstein verarbeiten. Das Gut wird den Brechern durch schwere Plattenbandförderer gleichmässig zugeführt. Ein zweiter mit Selbstgreifer arbeitender Laufkran (Abb. 3, Seite 299) fördert den gebrochenen Kalkstein in die Vorratsbehälter über den Dickschlamm-Mühlen.

Diese Schlamm-Mühlen sind wie alle in der Neuanlage aufgestellten Rohrmühlen mit „Centra"-Antrieb DRP (Abb. 4, Seite 300) ausgerüstet, bei dem die Mahltrommel durch eine bewegliche Spindel mit einem gekapselten Zahnradgetriebe gekuppelt ist. Die Mühlen haben 2,2 m Durchmesser bei einer Länge von 13 m und arbeiten als Dreikammermühlen. Ihr Mahlerzeugnis, ein Dickschlamm mit 40% Wassergehalt, besitzt 5% Rückstand auf dem Sieb mit 4900 Maschen je qcm, bezogen auf Trockengut. Jede Mühle verarbeitet stündlich 36 t trockenes Rohgut mit einem Kraftaufwand von 600 PS.

Den Zement-Rohschlamm drückt ein Mammut-Bagger DRP in die Schlamm-Vorratsbehälter, wo er mit Hilfe von Mammut-Pumpen DRP und Pressluft gemischt wird.

Zu dem vorhandenen Drehofen von 3 m Durchmesser und 50 m Länge wurden zwei weitere Oefen von 3,3 m Durchmesser und 55 m Länge (Abb. 5, Seite 301) aufgestellt. Die Oefen und Kühltrommeln werden über ein Präzisionsrädergetriebe angetrieben. Ihre Laufrollenlagerungen sind mit Oelschöpfringlagern ausgerüstet.

Jeder der beiden Drehöfen ist mit einem Abhitzekessel von 1000 qm Heizfläche zur Verwertung der Abgase ausgerüstet (Abb. 6, Seite 301). Mit dieser Abhitzekesselanlage wird genügend Dampf gewonnen, um die gesamte neue Einrichtung betreiben zu können. Die Rauchgase haben nach dem Verlassen der Kessel eine Temperatur von etwa 180 bis 200° und werden durch zwei Saugzuggebläse in einen Schornstein gedrückt.

Nachdem der gebrannte Klinker die Kühltrommeln verlassen hat, wird er automatisch gewogen und auf einem Conveyor der Klinkerhalle zugeführt. Hier arbeitet ein Laufkran von 30 m Spannweite und 100 m Fahrbahnlänge (Abb. 7, Seite 302), der mit einem Selbstgreifer von 4 cbm Fassungsvormögen den Klinker über die Lagerfläche verteilt. Diese Art der Auffüllung und Entleerung des Klinkerlagers hat sich gut bewährt, da sich die Lagerfläche vollständig ausnutzen lässt. Auch bleibt die Klinkerhalle auffallend staubfrei, weil der Klinker nicht aus grosser Höhe herabfällt.

Der zu vermahlende Klinker wird von dem Greiferkran in einen Füllrumpf geschüttet und gelangt von dort in die Zementmühlen.

Am Einlauf jeder Zementmühle sind zwei Drehtellerspeiser angeordnet, die Klinker und Rohgips gleichmässig in genau einstellbarer Menge den Dreikammer-Verbundmühlen von 2,2 m Durchmesser und 13 m Länge zuteilen. Jede Mühle vermahlt stündlich 19000 kg Klinker zu Zement mit etwa 10% Rückstand auf dem Sieb mit 4900 Maschen je qcm. Durch den „Centra"-Antrieb ergibt sich eine hohe Betriebssicherheit der Mühlen, da der ungeschützte und dem Verschleiss unterliegende Zahnkranzantrieb wegfällt.

Hinter den Mühlen, die an eine Entstaubungsanlage angeschlossen sind, wird der Zement gewogen und danach durch Förderbänder und Becherwerke nach sechs Zementsilos von 13,2 m Durchmesser und 25 m Höhe gefördert. Fahrbare Entleerungsvorrichtungen entnehmen den Zement aus den einzelnen Zellen. Schnecken und Beckerwerke beschicken die vier Sackpackmaschinen, die stündlich bis 3600 Sack zu 50 kg liefern. Auf Förderbändern gelangen die gepackten Säcke selbsttätig bis unmittelbar an die Eisenbahnwagen.

Die für die Drehöfen benötigte Kohle wird durch einen mit Selbst greifer arbeitenden Laufkran auf den Kohlenlagerplatz entladen. Zugleich bedient dieser Kran auch die Bunker über den Kohlentrocknern, die als Röhrentrockner mit Dampfheizung ausgeführt sind. Einfachste Bedienung und gute Regulierfähigkeit bei geringstem Wärmebedarf sind die Vorzüge dieser für die Zementindustrie neuartigen Trockner. Mit den Schwaden aus den Trocknern angesaugte Kohlenstaubteilchen werden in einer besonderen Entstaubungsanlage restlos wiedergewonnen.

Zur Kohlenvermahlung sind zwei Dreikammer-Rohrmühlen von 1,55 m Durchmesser und 9 m Länge mit „Centra"-Antrieb aufgestellt. Das Mahlerzeugnis hat 10% Rückstand auf dem Sieb mit 4900 Maschen je qcm. Fullerpumpen fördern den Kohlenstaub nach den einzelnen Verbrauchstellen.

Fast alle Maschinen haben Einzelantrieb. Wo es erforderlich ist, wird die Drehzahl der Elektromotoren durch Kruppsche Reibradgetriebe (Patent Garrard) (Abb. 8, Seite 302) oder gekapselte Präzisionsradergetriebe auf die entsprechende Maschinendrehzahl herabgesetzt. Die Antriebsmotoren der Mühlen und Hammerbrecher sind für Hochspannung von 5000 Volt gebaut, während die übrigen Motoren mit 500 Volt Drehstrom betrieben werden. Insgesamt wurden etwa 50 Elektromotoren aufgestellt, die von den Siemens-Schuckertwerken mit der zugehörigen elektrischen Ausrüstung geliefert wurden.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Bezugspreise.

Auf Grund der sehr stark vermehrten Herstellungkosten von „Cement and Cement Manufacture" in seiner neuen Form, ist es notwendig gewesen, den Preis auf 2 Shilling für jedes Heft zu erhöhen. Der jährliche, in der ganzen Welt postfreie Bezugspreis beträgt 24 Shilling. Augenblickliche Bezieher, welche auf Grund unserer früheren Subskriptionsliste im Voraus bezahlt heben, werden so lange die Hefte zum alten Preise weiter erhalten, bis ihr gegenwärtiges Abonnement abläuft.

Der jährliche Bezugspreis ist an „Cement and Cement Manufacture," London, S.W.1, Dartmouth Street 20, England einzusenden, worauf die Hefte regelmässig monatlich für die Dauer des Bezugs zugestellt werden.

„ Falsches Abbinden " von Portlandzement.

VON D. K. MEHTA.

Chefchemiker der United Cement Co. (Jndien).

Unter Berücksichtigung des Anteils, den indische Zementfabrikanten an Jhrer Zeitschrift nehmen, dürfte ein Beitrag von mir an der, in Jhrer Zeitschrift begonnenen Diskussion über das „ falsche Abbinden " von Zement Jhre Leser interessieren.

Eine Zuschrift (April 1929) behauptet, dass das „ falsche Abbinden " künstlich in jedem ordentlich hergestellten Zement durch Steigerung der Temperatur in den Mühle auf 110° C. und darüber hervorgerufen werden kann und erklärt diesen Vorgang mit der vollständigen Unwandlung des Gipses in Anhydrit, der damit seine Löslichkeit und Reaktionswirksamkeit als Abbindeverzögerer verliere. Wenn diese Behauptung als richtig unterstellt würde, würden wir in Jndien nur Zement, der falsch abbindet herstellen, da ich es bezweifle, dass man in Jndien Zement bei Temperaturen unter 110° C. ohne besondere Kühlvorrichtungen mahlen kann. Dem Schreiber ist ein Fall bekannt, wo der Zement die Mühle mit Temperaturen von 149° C. und darüber verlässt und trotzdem vollkommen normal abbindet.

Die in dieser Zuschrift wie auch in der „ C.E.H." gezeichneten (Mai 1929 Ausgabe dieser Zeitschrift) vorgebrachte Erklärung, nach welcher die hohe Temperatur in der Mühle die Ursache des falschen Abbindens sei, ist nicht völlig überzeugend, da die von dem Schreiber gesammelten Erfahrungen hiermit nicht übereinstimmen. Wenn Rapidbinden die Folge der hohen Temperatur in der Mühle ist, dann muss die Grundursache in der Güte des Klinkers gesucht werden, das heisst mit anderen Worten in den physikalischen, den Brennprozess im Ofen beeinflussenden Bedingungen. Es ist sehr wohl möglich, dass die hohe Temperatur zu dem Umschlagen von solchem Klinker in Schnellbinder beitragen kann, der äusserlich gut gebrannt erscheint, der aber trotzdem in der Sinterzone nicht auf die richtige Temperatur oder nicht lange genug auf diese erhitzt worden ist. Es dürfte schwierig zu beweisen sein, dass dieses die richtige Erklärung ist; indessen erscheint die Tatsache, dass gut gebrannter bei Temperaturen von 149° C. und darüber gemahlener Klinker nicht schnellbindend ist, zwingend darauf hinzuweisen, dass die hohe Temperatur nicht die Hauptursache des falschen bezw. Schnellbindens ist. Der Schreiber hat selbst einmal die Schwierigkeit mit dem Schnellbinden und den daraus entstandenen Unliebsamkeiten vielfältiger Natur durchgemacht; diese wurden damals durch Herabsetzen der Mahltemperaturen beseitigt. Als indessen später unter Vernachlässigung der Temperaturfrage diese längere Zeit auf über 149°C. stieg, ohne dass Schnellbinden eintrat, ergab sich hieraus, dass in dem ersten Falle die Grundursache die physikalischen, den Brennprozess im Ofen beeinflussenden Bedingungen gewesen war, zumal in beiden Fällen die chemische Zusammensetzung und die Mahlfeinheit des Rohmehlschlamms die gleiche gewesen war.

Die, die hohe Temperatur als Ursache für das Schnellbinden angebende allgemeine Erklärung läuft darauf hinaus, dass der Gips gänzlich oder teilweise dehydriert wird, Voraussgesetzt dieses wäre richtig; müsste deshalb die Abbindezeit beeinflusst werden? Dieses sollte keineswegs der Fall sein, da jede Modifika-

tion des Calciumsulfats einen gleich guten Abbindeverzögerer wie Gips darstellt. R. K. Meade, der mit Gips-Anhydritmischungen praktische Versuche ausgeführt hat, sagt hierzu: „Der fortgesetzte und wachsende Verbrauch von Gips-Anhydritgestein ist ein Beweis, dass dieses die spezifischen Eigenschaften eines Abbindeverzögerers besitzt . . . .; unabhängig von allen Laboratoriumsuntersuchungen liegt der beste Beweis seines Wertes in der beachtenswerten Menge des gegenwärtig verarbeiteten Gemisches von Gips und Anhydrit"[1] Es würde sowohl interessant wie belehrend sein, wenn die Fabrikanten, welche diese Schwierigkeiten mit der Abbindezeit durchgemacht haben, diese ihre Erfahrungen bekannt geben und Anregungen geben würden für mögliche Untersuchungen.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf eine besondere Erscheinung hinweisen, die ich bei meinen Untersuchungen über den Abbindebeginn gemacht habe. Einige Proben ergeben bei Prüfung mit der Vikatnadel einen Abbindebeginn von 10-15 Minuten. Werden die Beobachtungen indessen fortgesetzt, so findet man, dass nach weiteren 15 Minuten die Vikatnadel den Probekörper wieder voll durchdringt, wodurch der Nachweis erbracht ist, dass die Beobachtung des Abbindebeginns im ersten Falle falsch war, und dass der zweite Abbindebeginn vollkommen normal innerhalb von 70-100 Minuten erfolgt. Es dürfte sehr interessant zu erfahren sein, ob andere Stellen ein gleiches Verhalten von Zement beobachtet haben.

Was die Frage angeht, welche „C.E.H." in Verbindung mit der Abbindezeit anregt: „Sollen die englischen Normen für gewöhnlichen und hochwertigen Portlandzement gleichlautend sein?" so ist es schwierig einzusehen, warum sie es nicht sein sollten. Hochwertiger Zement unterscheidet sich von gewöhnlichem Zement nur durch seine Erhärtungseigenschaften und nicht durch seine Abbindezeit. Ein schnellbindender Zement wird stets rapidbindend sein, ganz unabhängig von der Menge des Anmachewassers und von der zum Anmachen aufgewendeten Zeit. Wenn ein Zement normale Abbindezeit aufweist, also Beginn nach mehr als 30 Minuten, wobei entweder mehr Wasser zum Anmachen verwendet wurde oder längere Zeit angerührt wurde, so ist er ganz unabhängig von seiner schnellen Erhärtung oder Normal erhärtung selbstverständlich nicht schnellbindend.

[1] Untersuchungen im Einzelnen vergl. „Rock Products," 24 Nov. 1928, Seite 55/58.

INSERATE.

Alle, Anzeigen in der internationalen Zeitschrift „Cement and Cement Manufacture" betreffenden Anfragen müssen an Concrete Publications, Ltd., London, S.W.1, Dartmouth Street 20, (England), gerichtet werden.

Der Anzeigentext muss diese Adresse spätestens bis zum 25. des Monats, der der Veröffentlichung vorangeht, erreichen. Wenn die Herausgeber bis zu diesem Termin keinen neuen Text erhalten, behalten sie sich das Recht vor, den letzten Text erneut zu veröffentlichen.

Wenn Inserate in mehr als einer Sprache gedruckt werden sollen, so sollten die Uebersetzungen vom Inserenten geliefert werden. Auf Wunsch werden die Herausgeber diese Uebersetzung, allerdings ohne für ihre Genauigkeit zu haften, vornehmen.

Die Japanische Portlandzement-Industrie.

Die im Folgenden über die japanische Portlandzement-Industrie mitgeteilten Einzelheiten sind im November 1929 von der Japanese Portland Cement Association veröffentlicht worden. Die folgende Tabelle zeigt das Wachsen der Industrie während der letzten Jahre.

Jahr	Investiertes Kapital in RM.	Zementproduktion in t.
1920	80.783694	1350598
1921	96.411808	1551133
1922	104.721258	1856860
1923	113.720310	2239045
1924	133.773000	2195434
1925	135.192513	2504132
1926	158.567813	3200844
1927	203.694959	3527979
1928	225.650520	3820671

Die gütemässige Verbesserung des japanischen Portlandzements zeigt die nächste Tabelle, die in zusammenfassender Weise die Aenderungen der Regierungsnormen von 1905 bis heute enthält:

Datum der Revision.	Mahlfeinheit.	1 : 3 Mörtel Druckfestigkeit in kg/qcm 7 Tage	1 : 3 Mörtel Druckfestigkeit in kg/qcm 28 Tage	1 : 3 Mörtel Zugfestigkeit in kg/qcm 7 Tage	1 : 3 Mörtel Zugfestigkeit in kg/qcm 28 Tage	Reiner Zemen Zugfestigkeit in kg/qcm 7 Tage
Febr. 1905	Rückstand auf dem 900/qcm Siebe (Drahtdurchmesser 0.1 mm) 10%	—	120	7	15	25
Dez. 1909	Rückstand auf dem 900/qcm Siebe (Drahtdurchmesser 0.1 mm) 5%	—	120	8	16	25
Juni 1919	Rückstand auf dem 900/qcm Siebe (Drahtdurchmesser 0.1 mm) 3%	—	140	10	18	30
April 1927	Rückstand auf dem 4900/qcm Siebe 17%	—	210	14	21	40
Neuer Entwurf	Rückstand auf dem 4900/qcm Siebe 12%	220	300	20	25	—

Die folgenden, stichwortartigen Notizen bringen Einzelheiten der jetzt in Japan in Betrieb befindlichen Fabriken.

Asano Portland Cement Co., Ltd.

Werke in Tokio, Moji, Hokkaido, Kawasaki, Taiwan, Osaka, Nishitama. Gesamte Leistung täglich 5700 t.

Fabrik in Tokio.—Trockenverfahren. Rohmaterialien: hochprozentiger Kalkstein und Ton. Zerkleinerungs-Anlage: zwei Einwalzenbrecher 610 × 810

mm, eine Schrauben-Mühle 300 mm. Rohmühlen: acht Doppel-Hartmühlen 1.8 × 3.5 m, acht Selektoren 2.8 m. Vier Drehöfen 36 × 2.4 m. Eine Kohlen-Trockentrommel 18 × 1.8 m, eine Kohlenmühle. Zement-Mühlen: drei Compeb-Mühlen 7.3 × 2.1 m. Drei Bates-Packmaschinen.

Fabrik in Moji.—Trockenverfahren. Rohmaterialien: Kalkstein, Ton, quarzreicher feuerfester Ton und Schlacke. Zerkleinerungs-Anlage—für Ton: ein Einwalzen-Brecher, eine Frett-Mühle, zwei Hammerbrecher;—für Kalkstein: zwei Schraubenmühlen. Rohmühlen: vier Compeb-Mühlen 2.13 × 7.32 m, eine Doppel-Hartmühle 3.66 × 1.77 m. Oefen: vier Drehöfen 3.74 × 3.05 × 60 m, fünf Drehöfen 2.13 × 24.38 m; drei Kohlentrockner 1.6 × 18 m, zwei Kohlenmühlen 1.95 × 11 m. Zement-Mühlen: fünf Compeb-Mühlen 2.13 × 7.32 m, eine Schlacken-Rohrmühle 1.83 × 9.71 m, eine Unidan-Mühle 2.2 × 12 m.

Fabrik in Hokkaido.—Trockenverfahren. Rohmaterialien: Kalkstein und Ton. Zerkleinerungs-Anlage—für Ton: ein Hammer-Brecher, ein Backen-Brecher;—für Kalkstein: zwei Schraubenmühlen. Rohmühlen: siebzehn Fuller-Mühlen 1.07 m. Oefen: zwei Drehöfen 2 × 30 m, ein Drehofen 2.74 × 60.9 m. Brennstoff-Aufbereitung: zwei Ruggles-Coles Kohlentrockner 1.83 × 18.3 m, vier Fuller-Mühlen 1.07 m. Zement-Mühlen: vier Compeb-Mühlen 2.13 × 7.32 m. Pack-Anlage: zwanzig Fass-Rüttelmaschinen, drei Bates-Packmaschinen.

Fabrik in Kawasaki.—Trockenverfahren. Rohmaterialien: Kalkstein und Ton. Zerkleinerungs-Anlage—für Ton: ein Einwalzen-Brecher, zwei Hammerbrecher, fünf Doppelwalzen-Brecher;—für Kalkstein: fünf Gates Brecher. Rohmühlen: zehn Hartmühlen 1.75 × 3.48 m, eine Unidan-Mühle 2.2 × 12 m, zwei Compeb-Mühlen 2.13 × 7.32 m. Oefen: zwei Drehöfen 2.74 × 60.96 m, zwei Drehöfen 2.74 × 54 m. Brennstoff-Aufbereitung: zwei Ruggles-Coles Kohlentrockner 1.83 × 18.3 m, sieben Fuller-Mühlen 1.06 m. Zement-Mühlen: eine Compeb-Mühle 1.83 × 6.71 m, fünf Compeb-Mühlen 2.13 × 7.32 m. Pack-Anlage: achtzehn Fass-Rüttelmaschinen, vier Bates Packmaschinen, zwei Rotier-Packmaschinen.

Fabrik in Taiwan.—Trockenverfahren. Rohmaterialien: Kalkstein und Ton. Zerkleinerungs-Anlage—für Ton: zwei Schraubenmühlen;—für Kalkstein: ein Gates Brecher. Rohmühlen: vier Doppel-Hartmühlen 1.6 × 3.5 m. Oefen: ein Drehofen 2.75 × 54.35 m. Brennstoff-Aufbereitung: ein Ruggles-Coles Kohlentrockner 1.83 × 15.24 m, eine Fuller-Mühle 1.12 m, zwei Fuller-Mühlen 0.84 m. Zement-Mühlen: eine Ballpeb-Mühle 1.13 × 5.49 m, eine Verbund-Rohrmühle 2.13 × 7.32 m, eine Doppel-Hartmühle 1.6 × 3.5 m. Pack-Anlage: acht Fass-Rüttelmaschinen, eine Bates-Packmaschine.

Fabrik in Osaka.—Trockenverfahren. Rohmaterialien: Kalkstein und Ton. Zerkleinerungs-Anlage—für Ton: ein Doppelwalzen-Brecher;—für Kalkstein: ein Backenbrecher. Rohmühlen: eine Kugelmühle 2.13 × 6.71 m. Oefen: zwei Drehöfen 2.26 × 38.1 m. Brennstoff-Aufbereitung: zwei Kohlen-Trockentrommeln, eine Rohrmühle 1.52 × 6.10 m. Zement-Mühlen: eine Compeb-Mühle 2.13 × 7.32 m. Pack-Anlage: zwei Fasspackmaschinen, eine Bates Packmaschine.

Fabrik in Nishitama.—Nassverfahren. Rohmaterialien: Kalkstein und Ton. Zerkleinerungs-Anlage—für Ton: zwei Hammerbrecher; für Kalkstein: ein McCully-Brecher. Rohmühlen: drei Rohrmühlen 12 × 2.2 m. Oefen: zwei Drehöfen 60 × 3.15 × 3.45 m; zwei Kohlentrockner 18.6 × 1.8 m, zwei Rohrmühlen 7.2 × 1.9 m. Zement-Mühlen: drei Rohrmühlen 12 × 2.2 m. Pack-Anlage: zwei Bates-Packmaschinen.

Chichibu Cement Co., Ltd.

Tägliche Leistung 1200 t. Trockenverfahren: Vier Maschinensätze; Nassverfahren: ein Maschinensatz. Rohmaterialien: harter Kalkstein und Schieferton.

Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha.

Nassverfahren. Rohmaterialien: Kalkschlamm als Nebenprodukt der Ammonsulfatfabrikation und Ton, der, auf der 64.37 km von der Küste entfernt liegenden Insel Amakusa abgebaut wird. Zerkleinerungs-Anlage: Rohrmühle 1.29×3.96 m, Rohrmühle 1.35×7.62 m. Ein Drehofen 45.75×2.28 m. Zement-Mühlen: zwei Verbund-Rohrmühlen 1.75×6.86 m.

Hitachi Cement Co., Ltd.

Tägliche Leistung: 110 t. Trockenverfahren. Rohmaterialien: Kalkstein und Ton. Ein Kalkstein-Brecher, ein Backen-Brecher, ein Tonbrecher, ein Walzenbrecher. Rohmühlen: eine Kugel-Rohr-Kammermühle 7.62×1.67 m. Ein Drehofen 36.58×2.43 m. Kohlenbrecher: 1.37×4.57 m Kugel-Rohrmühle. Zement-Mühle: ein 2.44 m Kollergang, eine Kugel-Rohr-Kammermühle 7.92×1.67 m; eine weitere Kugel-Rohr-Kammermühle 9.45×2.23 m befindet sich zur Zeit in Montage.

Hokoku Cement Co., Ltd.

Tägliche Leistung: 1100 t. Trockenverfahren. Rohmaterialien: Ton, Kalkstein, Kiesabbrände oder Kupferschlacke. Oefen in der Fabrik zu Moji: vier Aggregate; in der Fabrik zu Nagoya: zwei Aggregate und in der Fabrik zu Saga: zwei Aggregate. Brennstoff-aufbereitung-Kohlentrocknung: in Moji drei, in Nagoya zwei und in Saga ein Maschinensatz;—Kohlenmahlung: in Moji vier, in Nagoya vier und in Saga ein Maschinensatz.

Iwaki Cement Co., Ltd.

Jährliche Leistung: 450000 t.

Mikawa (Portland) Cement Co., Ltd.

Tägliche Leistung: 110 t. Trockenverfahren. Rohmaterialien: Kalkstein und Ton.

Nanao Cement Co., Ltd.

Tägliche Leistung: 540 t. Nassverfahren. Rohmaterialien: kalkhaltiger Sandstein und Diatomeenerde und hoch Al_2O_3-haltiger Ton. Zerkleinerungs-Anlage: ein Titan-Brecher für Sandstein, ein Titan-Brecher für Kalzit. Rohmühlen: zwei Solo-Mühlen 12×2.2 m. Oefen: zwei Solo-Oefen, 70 m lang. Brennstoff-Aufbereitung: eine besonders konstruierte Kohlentrocknungs-und Mahlanlage mit zwei Trockentrommeln und zwei Solo-Mühlen. Zement-Mühlen: zwei Solo-Mühlen 13×2.2 m. Pack-Anlage: eine Bates-Packmaschine und drei Exilor-Packmaschinen.

Nippon Cement Co., Ltd.—Tägliche Leistung: 950 t. Trockenverfahren. Rohmaterialien: Kalkstein und Ton. Zerkleinerungs-Anlage—für Kalkstein: ein 50.8 cm McCully-Brecher, ein McCully-Brecher Nr. 8, ein Hammer-Brecher 91.44×121.92 cm;—für Ton: ein Einwalzen-Brecher 60.96×81.28 cm, zwei Hammer-Brecher. Rohmühlen: zwei Compeb-Mühlen 2.13×7.92 m, zwei Verbund-Rohrmühlen 2.13×7.32 m, vier Separatoren mit 4.27 m Durchmesser. Drehöfen: zwei 2.44×38.10 m, zwei 2.28×38.10 m, zwei 3.05×50 m. Brennstoff-Aufbereitung: ein Kohlentrockner 1.52×15.21 m, ein doppelwandiger

Kohlentrockner 2.03 × 13.72 m, zwei Rohrmühlen 1.52 × 6.71 m, eine Verbund-Rohrmühle 1.83 × 5.49 m. Zement-Mühlen: zwei Compeb-Mühlen 2.13 × 7.92 m, zwei Verbund-Rohrmühlen 2.13 × 7.92 m, zwei Separatoren mit 4.27 m Durchmesser. Pack-Anlage: zwei Bates-Packmaschinen, sechs Fass-Packmaschinen.

Nippon Chisso Hiryo Kabushiki Kaisha.—Tägliche Leistung: 120 t. Halbnassverfahren. Rohmaterialien: Kalziumhydroxyd, Ton, quarzreicher feuerfester Ton und Kiesabbrände. Zerkleinerungs-Anlage: zwei Brecher für Abfallmaterialien, ein Walzen-Brecher. Rohmühlen; zwei Drehöfen; zwei Misch-Rohrmühlen, ein Tontrockner, drei Rohrmühlen. Brennstoff-Aufbereitung: vier Kohlenmühlen, ein Kohlentrockner. Zement-Mühlen: vier Zement-Rohrmühlen. Zwei Packmaschinen.

Oita Cement Co., Ltd.—Jährliche Leistung: 515000 t. Trockenverfahren. Rohmaterialien: Kalkstein, Ton, Kieselton und Gips. Trockner: sechs Ton-Trockentrommeln. Zerkleinerungs-Anlage: sechs Gates Brecher. Rohmühlen: vier Compeb-Mühlen, eine Kammermühle, zwei Rohrmühlen. Drehöfen: acht Aggregate. Brennstoff-Aufbereitung: vier Trockentrommeln, fünf Brecher. Zement-Mühlen: vier Compeb-Mühlen, eine Verbund-Rohrmühle, zwei Rohrmühlen. Pack-Anlage: zwanzig Fass-Packmaschinen, elf Sackpackmaschinen, eine Bates-Packmaschine.

Onoda Cement Co., Ltd.—Jährliche Leistung: 1050000 t.

Osaka Yogyo Cement Co., Ltd.—Tägliche Leistung: 860 t. Trockenverfahren. Rohmaterialien: harter Kalkstein, Schieferton, Alumit und Abfallprodukte von der Aluminium Herstellung. Zerkleinerungs-Anlage—für Kalkstein: zwei Backen-Brecher 102 × 76.2 cm, zwei Hammer-Mühlen 146 × 98 cm; —für Schieferton: Walzen-Brecher 17.1 m × 46 cm;—Brecher und Rohrmühlen auf dem Werk: ein Backen-Brecher 76.2 × 102 cm, zwei Hammer-Mühlen 146 × 98 cm, zwei Ton-und Steintrockner 2.44 × 21.34 m, eine Kammer-Vormühle für Ton von 1.83 × 6.40 m, zwei Kammer-Vormühlen für Kalkstein von 2.13 × 7.92 m, eine Nass-Nachmahlmühle von 1.37 × 6.71 m, vier 4.27 m Selektoren. Drehöfen: zwei Oefen 3.05 × 3.35 × 60.96 m, ein Ofen 3.05 × 3.50 × 64.61 m, zwei Kühltrommeln 2.74 × 15.21 m. Brennstoff-Aufbereitung: zwei doppelwandige Trockner 1.83 × 18.3 m, zwei Kammermühlen 1.83 × 6.40 m. Zement-Mühlen: vier Kammermühlen 2.13 × 7.92 m mit 4.27 m Windsichtern. Pack-Anlage: vierundzwanzig Fass-Rüttelmaschinen und vier Bates Packmaschinen mit je zwei Füllöchern.

Toa Cement Co., Ltd.—Jährliche Leistung: 120000 t. Rohmaterialien: Kalkstein und Ton. Zerkleinerungs-Anlage—für Kalkstein: ein Kreisel-Brecher, ein Jumbo-Brecher;—für Ton: ein Walzenbrecher 61 × 91 cm, eine Trockentrommel 1.83 × 18.3 m;—für die Mischung von Kalkstein und Ton: eine Compeb-Mühle 2.13 × 7.32 m. Oefen: ein Drehofen 3.05 × 49.99 m. Brennstoff-Aufbereitung: ein Ruggles Coles Trockner 1.22 × 6.10 m, zwei Fuller-Mühlen 10.36 m, eine Rohrmühle 1.52 × 4.57 m. Zement-Mühlen: eine Compeb-Mühle 2.13 × 7.92 m. Pack-Anlage: zehn Fass-Packmaschinen, eine Bates-Packmaschine mit vier Füllöchern.

Ube Cement Manufacturing Co., Ltd.—Tägliche Leistung: 520 t nach dem Trockenverfahren, 550 t nach dem Nassverfahren. Rohmaterialien: harter Kalkstein, Schieferton, quarzreicher feuerfester Ton mit hohem Kieselsäuregehalt, Eisenpyrit und Gips. Zerkleinerungs-Anlage: ein Brecher 61 × 152 cm.

Rohmühlen für das Trockenverfahren: drei Compeb-Mühlen 2.1 × 7.3 m;—für das Nassverfahren: zwei zentral getriebene Rohrmühlen 2.2 × 13 m. Drehöfen—für das Trockenverfahren: zwei Drehöfen 3 × 50 m, die von 75 PS starken Motoren getrieben werden;—für das Nassverfahren: zwei Oefen 3.45 × 2.7 × 95.8 m. Zement-Mühlen: eine Compeb-Mühle 2.1 × 7.3 m, die durch einen 450 PS starken Synchron-Motor getrieben wird, zwei mit 700 PS starken Induktionsmotoren, zentral getriebene Rohrmühlen 2.2 × 13 m. Pack-Anlage: vier Bates-Packmaschinen mit je vier Füllöchern, fünfzehn Fass-Packmaschinen.

Arbeiterfürsorge in Zementfabriken.

Eine Abteilung der englischen Regierung kündigt an, dass es geplant ist, eine Verordnung zu erlassen, die Anwendung in allen Fabriken und Werkstätten, in denen die Herstellung von Portlandzement oder Zement ähnlicher Natur betrieben wird, finden soll.

Der Wortlaut der in Vorschlag gebrachten Verordnung ist wie folgt:—

(1) Der Arbeitgeber hat für Folgendes zu sorgen und die Sachen in gutem Zustande zu erhalten: (a) wasserdichte Stiefel der Personen, die in Arbeitsverfahren Verwendung finden, bei denen sie in Schlamm, Schlick oder Wasser stehen; (b) passende Schutzbrillen für die Personen, die in beträchtlichem Umfange dem Kohlen-oder Zementstaub ausgesetzt sind; (c) passende Regenmäntel für die Personen, die regelmässig im Freien während regnerischen Wetters arbeiten müssen; passende Ueberkleider und Kopfbedeckungen für die weiblichen Personen, die mit der Reinigung und Reparatur von Säcken beschäftigt sind.

(2) Der Arbeitgeber soll für Einrichtung und Erhaltung passender Räumlichkeiten sorgen, damit alle mit der Reinigung und Ausbesserung von Säcken beschäftigten Personen ihre Kleidung während der Arbeitsstunden ablegen können. Diese Räumlichkeit soll sicher sein und rein gehalten werden.

(3) Der Arbeitgeber soll Räumlichkeiten vorsehen, damit alle weiblichen Arbeiter, deren Arbeit im Stehen erfolgt, sich setzen können, damit sie bei jeder vorkommenden Gelegenheit, die im Laufe ihrer Arbeit sich bietet, von der Möglichkeit sich auszuruhen Gebrauch machen können.

(4) Der Arbeitgeber hat zum Gebrauch aller nicht in kontinuierlichen Prozessen beschäftigten Arbeiter für einen passenden und angemessenen Kantinenraum zu sorgen und ihn in Stand zu halten, der (a) eine genügende Anzahl von Stühlen oder Bänken und Tischen enthalten soll und der (b) angemessene Vorrichtungen zum Wärmen der Füsse und zur Herstellung kochenden Wassers enthalten soll. Der Kantinenraum soll genügend geheizt sein zum Gebrauch während der Essenspausen. Der Kantinenraum soll der Aufsicht einer verantwortlichen Person unterstellt sein, und er soll sauber gehalten werden.

(5) Der Arbeitgeber soll für Einrichtung und Erhaltung passender, bequem erreichbarer Waschgelegenheiten in den Werken für den Gebrauch aller beschäftigten Personen sorgen. Die Waschgelegenheit soll eine genügende Menge an Waschbecken und reines Wasser besitzen. Diese vorgesehenen Waschgelegenheiten sollen unter Aufsicht einer verantwortlichen Person stehen, und sie sollen sauber gehalten werden.

VOLUMEN 3. NÚMERO 2. FEBRERO 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
EL CEMENTO Y SU FABRICACIÓN.

SECCIÓN ESPAÑOLA

PUBLICADA POR CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, INGLATERRA.
Se publica el 20 de cada mes. Precio, 2 shillings el ejemplar.
Subscripción anual, 24 shillings, franqueo comprendido.

El pasado y el presente de cemento.

por D. B. BUTLER, Assoc.M.Inst.C.E., F.C.S. (London).

PUEDE afirmarse con plena seguridad que en ninguna otra industria se han realizado en los últimos años tantos progresos como en la del cemento Portland, tando en Inglaterra como en los demás países; cosa que se aplica tanto a los métodos de fabricación como a la calidad del producto, pero más especialmente a ésta última. Las mejoras realizadas en los métodos de fabricación han estado relacionadas principalmente con la mejor vigilancia de la dosificación de las primeras materias empleadas; su mezcla mecánica más perfecta; su combinación química más uniforme y perfecta; por la calcinación de los ingredientes crudos, ya mezclados mecánicamente; y, finalmente, pero sin que en manera alguna ésto quiera decir que tenga importancia menor, por la pulverización mejor y más completa del producto acabado. Aparte de la tendencia a instalar máquinas mayores en todos los sectores, cosa que en sí misma ya conduce a la economía, se ha obtenido, además, una nueva eliminación de la mano de obra. Esto se aplica más especialmente a la obtención de las primeras materias y su subsiguiente transporte hasta los molinos de mezcla, y también al ensacado y transporte del producto acabado hasta su entrega al consumidor. Las instalaciones más modernas están actualmente tan completamente "mecanizadas" que ulteriores economías en este sentido parecen ya casi imposibles.

Para efectuar una comparación con las actuales fábricas de cemento "mecanizadas," resulta interesante pasar una rápida revista a los procesos que se empleaban cuando el que suscribe empezó a interesarse en la industria Británica del cemento, hace unos cincuenta años. En aquella época, la greda y la arcilla eran las únicas primeras materias disponibles, si se exceptúan dos o tres fábricas del Distrito de Rugby, que empleaban caliza y esquistos. La greda y la arcilla se extraían enteramente a mano, midiéndolas en el molino desleidor por medio de carretillas; desde los desleidores la pasta pasaba a tanques de

sedimentación, de los cuales era extraída posteriormente, transportándola a carretilla sobre las plataformas de desecación, que se calentaban por medio de los hornos de cocción. Desde la plataforma de desecación, la pasta seca era transportada en carretillas a hornos de cuba u hornos verticales intermitentes, siendo cargada en ellos a mano, con capas alternadas de cok, que era transportado también al horno desde un volcador próximo. El clinker se extraía del horno a mano, transportándolo a la machacadora en carretillas; el cemento acabado se metía a paladas en los sacos o barriles, y éstos últimos eran transportados en carretillas a los vagones de ferrocarril o barcazas. No se requiere una gran imaginación para darse cuenta del trabajo manual requerido en una fábrica de cemento hacia el año 1880.

Refiriéndonos nuevamente a las mejoras introducidas en la calidad del producto, basta comparar las prescripciones de las primeras Normas Británicas para el Cemento Portland, (publicadas en 1904), con la quinta revisión que se ha realizado veintiún años despúes, para apreciar el adelanto que se ha verificado en este sentido. Más abajo damos una tabla que contiene las cifras principales (finura de molturación y resistencia a la tracción) de las Normas primitivas y de las cinco revisiones subsiguientes; los otros capítulos, de tiempo de fraguado, inalterabilidad de volumen y composición química, se han mantenido poco más a menos en igual forma durante todo este periodo.

	Finura de molturación. % de residuo al tamiz de 4900 mallas por cm².	900 mallas por cm².
1904 (1ª publicación)	22.5	3.0
1907 (1ª revisión) ...	18.0	3.0
1910 (2ª „) ...	18.0	3.0
1915 (3ª „) ...	14.0	1.0
1920 (4ª „) ...	14.0	1.0
1925 (5ª „) ...	10.0	1.0

Se advertirá que durante los últimos 21 años transcurridos, las prescripciones con respecto a la resistencia a la tracción de la pasta pura de cemento a los 7 días han sido aumentadas en 50%, mientras que las del mortero de arena cemento 3 : 1, que es la indicación más exacta del valor aglomerante, han sido aumentadas más de un 170%. Las prescripciones con respecto a la pulzerización también han acusado una marcada mejora, quedando reducido el residuo al tamiz de 4900 mallas en 55%.

Las Normas Británicas reflejan, o deberían reflejar, la calidad promedia del producto del período durante el cual están en vigor. Esto puede haber sido cierto de los períodos anteriores o contemporáneos a la guerra, pero pronto después de ésta empezaron a realizarse mejoras tan contínuas y rápidas en la calidad del cemento, que las Normas de 1920 representaban una calidad muy por debajo a la del producto mundial de un año o dos más tarde, y la revisión de 1925, con sus prescripciones mucho más rigurosas, resultó considerablemente retardada. Lo mismo parece poder aplicarse, en mayor o menor escala, a la edición de 1925, cuyas prescripciones están muy por debajo del actual promedio de calidad del cemento Portland, tanto por lo que se refiere al producto británico como al de los demás países productores de cemento del mundo. A juzgar del producto británico y extranjero que pasa diariamente por las manos del que suscribe para ser ensayado, la resistencia promedia a la tracción del producto mundial queda bien por encima de 56 kgs. por cm² en la pasta pura, y de 28 kgs. por cm² en el mortero de arena: cemento 3 : 1.

	Resistencia a la tracción en cm². Pasta pura. 7 días.	28 días.	Mortero de arena y cemento 3 : 1. 7 días.	28 días.
1904 (1ª publicación)	28 kgs.	35 kgs.	8.4 kgs.	16 kgs.
1907 (1ª revisión) ...	28 „	35 „	8.4 „	17.5 „
1910 (2ª „) ...	28 „	35 „	10.5 „	17.5 „
1915 (3ª „) ...	31.5 „	37.5 „	14 „	17.5 „
1920 (4ª „) ...	31.5 „	37.5 „	14 „	17.5 „
1925 (5ª „) ...	42 „	—	22.75 „	25.0 „

Por lo tanto, parece que las prescripciones de las Normas Británicas podrían ser nuevamente elevadas, sin inconveniente. También en lo que concierne a la finura de molido, aunque los cementos producidos en los otros países difícilmente igualan en este sentido al producto británico, el producto habitual de las fábricas inglesas raras veces deja un residuo que alcance el 5% sobre el tamiz de 4900 mallas por cm^2, y por consiguiente, la actual cifra de 10%, establecida en las Normas Británicas, pudiera muy bien reducirse a 7.5%, y aún así dejar un margen considerable por encima de la cifra media correspondiente al producto real.

Resulta casi superfluo mencionar que el progreso más sorprendente realizado en los últimos años se refiere a la aparición del cemento de endurecimiento rápido. M. Bied, conocido químico de cementos francés, buscando un cemento que resistiera el ataque de las aguas sulfhídricas, que son fatales al cemento Portland corriente, logró producir, con sistemas especiales de fabricación, un cemento muy aluminoso que satisfizo este objeto, y que, al mismo tiempo, demostró poseer propiedades de endurecimiento rápido muy marcadas al compararlo con el cemento Portland ordinario. Hablando en términos generales, en pocas horas alcanzó una resistencia notablemente mayor que la que el cemento Portland ordinario de aquel tiempo alcanzaba a los 28 días. Aunque este cemento aluminoso de endurecimiento rápido había sido usado en Francia ya hacía algún tiempo, el que suscribe tuvo noticia de él por primera vez en 1922. Aun cuando resultaba, y sigue resultando, considerablemente más costoso que el cemento Portland (en realidad a doble del precio para trabajos de índole urgente), sus propiedades de endurecimiento rápido fácilmente compensaban el coste adicional. Una casa de fabricantes ingleses, con laudable previsión y energía, se puso rápidamente a la obra para producir un cemento Portland de endurecimiento rápido que en alguna forma pudiera competir con el nuevo producto. En este sentido obtuvieron en éxito completo, y actualmente, el consumidor tiene disponible cemento Portland de endurecimiento rápido, que, descontando las primeras 24 horas o poco más, posee casi las mismas propiedades de endurecimiento rápido que el cemento aluminoso. Los inventores de ambos tipos de cemento de endurecimiento rápido han tenido desde entonces muchos imitadores, tanto en el país de origen como en los demás, pero los imitadores del cemento aluminoso tienen que luchar con desventaja, a causa de que la primera materia necesaria para su fabricación se encuentra actualmente en cantidades muy reducidas, y solamente en algunos puntos determinados. En cambio, el cemento Portland de endurecimiento rápido puede hacerse casi con los mismos materiales que sirven para la fabricación del cemento Portland corriente, y por consiguiente, gran número de fabricantes de cemento Portland del mundo entero producen hoy día cemento Portland de endurecimiento rápido, como cosa casi natural.

La característica más notable del cemento Portland de endurecimiento rápido, tal como se fabrica hoy día en Inglaterra, es la extremada finura de su molturación; muchas muestras presentadas al autor para ser sometidas a ensayo, estaban tan finamente subdivididas, que dejaban un residuo de menos de $\frac{1}{2}$% al tamiz de 4900 mallas por cm^2. Esto indica que el tamiz de 4900 mallas no es bastante fino para representar con exactitud el grado de subdivisión al que se ha sometido el cemento, pues es muy comprensible que dos cementos diferentes que dejen la misma fracción centesimal de residuo al tamiz de 4900 millas, puedan contener dosis completamente distintas de polvo impalpable, que se admite generalmente ser la parte esencial del cemento por lo que se refiere

a su valor aglomerante. La misma cuestión se suscitó hace unos 40 años, cuando el factor regulador de la finura de molturación era el tamiz de 400 mallas por cm^2, y se consideraba un cemento bien molido el que dejaba un residuo de 10% sobre dicho tamiz. En aquella época, los molinos de elementos metálicos empezaron a substituir a las piedras de molino para la molturación del cemento. Algunas veces se tropezaba con dos cementos que dejaban el mismo residuo al tamiz de 400 mallas por cm^2, y sin embargo, uno de ellos consistía en finos fragmentos que pasaban casi justos por dicho tamiz, sin contener cantidad apreciable de polvo impalpable, mientras que el otro contenía gran dosis de este último; la diferencia en el valor aglomerante de los dos materiales acusada por el ensayo con arena era, naturalmente, muy marcada. Es posible, por lo tanto, que puedan aplicarse las mismas condiciones hasta cierto punto al actual tamiz de 4900 mallas por cm^2, o sea que un cemento esté compuesto de partículas de tamaño escasamente suficiente para que atraviesen dicho tamiz, mientras que el otro puede haber sido pulverizado en forma satisfactoria. No hay duda de que en este sentido la determinación de la subdivisión por tamizado queda muy lejos del ideal, y puede resultar completamente inexacta. Probablemente, algun método de separación por aire, o por levigación o sedimentación en un líquido, daría resultados mucho más exactos de comparación, pero en este punto también todo dependería de la fuerza y dirección exactas de la corriente, sea de aire, sea de líquido, que actuaran sobre el polvo, y fuera cual fuere el aparato adoptado, requeriría ser calibrado muy cuidadosamente antes de poder aceptarse sin reservas. Una de las dificultades que ofrecen los separadores por aire o líquido es que, por poco que el cemento se hallare pasado o aireado, darán resultados absolutamente erróneos, ya que la corriente de aire o agua no tendrá fuerza suficiente para romper la coagulación y poner en libertad el polvo fino. Examinado al microscopio el residuo al tamiz de un cemento pasado, muestra claramente partículas finas hidratadas, adheridas a los granos más gruesos, cosa que sería otra causa de error. Hablando en términos generales, por consiguiente, parece que el método de aire o líquido para determinación del polvo fino tiene importancia, principalmente, para el fabricante, a fin de contrastar y registrar el rendimiento de su maquinaria molturadora; dado que siempre puede trabajar con cemento recién molido, no se le presentará nunca el caso de inexactitud debida a la presencia de partículas fraguadas al aire, y si el aparato está arreglado con respecto a determinado tipo, suministra datos valiosos e importantes sobre el hecho de si su maquinaria molturadora está trabajando satisfactoriamente o no.

Para terminar, el autor desearía recomendar la conveniencia de emplear métodos de ensayo más uniformes en los grandes países productores y consumidores de cemento del mundo entero. Probablemente, no se comprende muy bien, excepto por parte de aquellas personas llamadas frecuentemente a hacer ensayos del mismo cemento por las Normas Oficiales de los distintos países, cuán enormes diferencias de resultados, aun con los sencillos ensayos a la tracción, se producen con la aplicación de dichas diferentes Normas. Se deduce, por lo tanto, de ello que, antes de aceptar contratos en otro país, el proveedor debe informarse cuidadosamente acerca de en qué forma los métodos de realizar los ensayos en un país extranjero afectarán las cifras especificadas; pues si confía enteramente en los ensayos realizados por el método vigente en el país de origen del cemento, puede tropezar con la desagradable sorpresa de que su envío sea rechazado a la llegada al país de destino.

El horno rotatorio.

por A. C. DAVIS.

Director de fábricas de la Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.

El horno rotatorio moderno usado generalmente hoy día en la fabricación del cemento portland ha revolucionado realmente la industria, y es el proceso de cocción más científico y eficaz en la práctica que ha sido introducido hasta ahora en la fabricación desde que se conoce el cemento portland.

El horno rotatorio es de uso general, lo mismo en este país que en todos los demás; se ha dicho que este horno es el único invento de importancia en la fabricación desde la introducción de los molinos de bolas y refinos tubulares. No hay para qué decir, sin embargo, que continuamente están teniendo lugar nuevas mejoras en la fabricación del cemento Portland, y que seguirán teniendo lugar, pues aún con el uso del horno rotatorio la fabricación es un proceso técnico y costoso, que implica gran inversión de capital, alto coste de producción y continuo gasto de mantenimiento de la fábrica. En los hornos actuales se siente indudablemente la necesidad de una mayor economía de combustible, por no decir nada de las otras mejoras que forzosamente habrán de ir introduciéndose a medida que la experiencia vaya haciendo sentir su necesidad y que el tiempo proporcione la oportunidad.

Más del 90% del cemento fabricado en los Estados Unidos se produce por medio de hornos rotatorios, y en la mayoría de las fábricas de Inglaterra éste es el único horno adoptado. Muchas fábricas anticuadas han instalado el horno rotatorio para la cocción del cemento, y todas las fábricas modernas adoptan dicho proceso. Aunque es un invento relativamente reciente en la fabricación del cemento, lo visto acerca del cemento de horno rotatorio, tanto en la ciencia como en la práctica, es bastante para declarar que es el producto del porvenir. Es, por consiguiente, innecesario recomendar el uso del cemento de horno rotatorio, ya que todo lo que la ciencia puede aportar para probar su calidad, y todo lo que la práctica puede ofrecer para mostrar su superioridad, establecen tan efectivamente su derecho a la preferencia, que podemos decir, sin miedo a contradicción, que el cemento de horno rotatorio es hoy día dueño del campo.

El producto del horno rotatorio presenta una marcada ventaja en cuanto a la calidad, tanto por su resistencia a la tracción como por su absoluta falta de tendencia a la expansión. Sin embargo, esto es lo que debía esperarse, pues aparte de la economía de su funcionamiento, la gran ventaja de este horno consiste en que el proceso de calcinación está a plena vista del operador y puede ser dirigido con exactitud por él. Modificando la velocidad de rotación del cilindro, aumentando o disminuyendo la alimentación de la mezcla cruda, o variando la fuerza de la inyección del carbón y la cantidad de combustible, el jefe de hornos está, o debiera estar, en condiciones de regular la operación de la cocción hasta el grado deseado. Con el antiguo horno intermitente no era posible tal disposición pues una vez el horno estaba cargado y encendido, la calcinación proseguía automáticamente, bien o mal, y el producto del horno debía correr el albur y salir como fuera.

El horno rotatorio, aplicado a la cocción del cemento, consiste en un tubo cilíndrico ligeramente inclinado, hecho de planchas de acero de un espesor de unos 18 mms. Su longitud oscila entre 30 y 120 metros, y su diámetro entre 1.80 y 3.60, según

la producción que se desee del horno. La tabla I da las dimensiones y producción aproximada de una serie de modelos de hornos actualmente usados para la vía húmeda:

TABLA I.

						Toneladas por hora.
30 m. de longitud	por	1.80	de diámetro.	Producción	aproximada	2
45 „ „	„	2.25	„	„	„	4½
60 „ „	„	2.70	„	„	„	8
69 „ „	„	2.85	„	„	„	9
75 „ „	„	3.30	„	„	„	15

Los diámetros indicados en esta tabla son los de la mayor parte de la longitud de cada horno, pero además, la mayoría de los hornos modernos tienen una zona de cocción ensanchada, de un diámetro de 30 a 40 cms. mayor que el del resto del horno. (Fig. 1, véase pág 277.) Estas dimensiones del diámetro no incluyen el revestimiento de ladrillos refractarios de 15 cms. de espesor, que cubre el horno en toda su longitud.

Este largo cilindro está inclinado sobre la horizontal, aproximadamente en la relación 1:25 ó 1:30, y está montado sobre cuatro o cinco aros o llantas (según sea su longitud), que ruedan sobre fuertes rodillos, y el horno gira lentamente accionado por un juego de engranajes a una velocidad tal que emplea de 1 a 2½ minutos por revolución (Fig. 2, véase pág 278). En los puntos del horno donde se fijan las llantas y lo corona dentada, el tubo está reforzado por planchas adicionales.

Los materiales destinados a la producción del cemento entran continuamente en el horno rotatorio por un tubo situado en su extremo superior (Fig. 3, véase pág 278), en forma de pasta o de polvo seco, segun sea el proceso de preparación y mezcla de las primeras materias adoptado, y por su propio peso van recorriendo el horno de un extremo al otro. Para desparramar las primeras materias a su entrada en el horno, y cuando están en contacto con los gases calientes, se disponen pulverizadores o alzadores de pasta. En Inglaterra se usa como combustible carbón finamente molido, que se introduce por el extremo inferior o de salida del horno, mediante una corriente de aire producida por un ventilador inyector.

Cuando se pone en marcha el horno, se empieza por encender el carbón, obteniéndose una temperatura del rojo-blanco cerca del extremo inferior del cilindro. Luego se introduce en el horno la materia cruda, que desciende gradualmente hasta la zona de calor producida por la perfecta combustión del carbón molido que entra en el cilindro por el extremo opuesto. La materia cruda queda despojada del agua que pudiera contener, se calienta hasta el rojo al ir aproximándose a la mitad del cilindro, pierde su anhídrido carbónico, forma pequeñas bolitas que casi llegan a la temperatura del rojo blanco en el extremo inferior, y finalmente sale en forma de granos del tamaño de guisantes grandes de clinker bien cocido. La temperatura más alta, desde luego, se halla cerca del chorro de combustible en ignición, o del extremo de salida del horno.

Cuáles deban ser las dimensiones adecuadas del horno rotatorio ha sido asunto de discusión durante toda la historia de dicho horno. Los primeros hornos tenían el mismo diámetro en toda su longitud, pero en el primer decenio de este siglo se modificaron los modelos. Primero se ensanchó el extremo de la pasta (Fig. 4, véase pág 280), luergo se ensanchó en 30 a 45 cms. el diámetro de la sección más caliente del horno, conocida con el nombre de zona de cocción, en una longitud de 6 a 9 metros (Fig. 1, véase pág 277). El objeto de dichos ensanchamientos era doble; en primer lugar, disponer un espacio mayor para lo que se suponía necesitaba más sitio,

o sea para la desecación de las primeras materias; y en segundo término aumentar la producción de clinker y disminuir la frecuencia con que se formaban los perjudiciales anillos de clinker. Los anillos de clinker son acumulaciones de material clinkerizado sobre el forro de ladrillo refractario de los hornos, que van proporcionalmente aumentando, a veces hasta un espesor de 30 a 60 cms., y en grado tal, que finalmente el material ya no puede correr a lo largo del horno y tiene que pararse el funcionamiento de éste. Cuanto mayor es el diámetro de la zona de cocción, más espacio hay disponible por si se forman los anillos de clinker, y menos estorbo presentan éstos a la continuidad del functionamiento. La zona de cocción ensanchada ha persistido en los tipos de hornos rotatorios hasta nuestros días, y actualmente existe la tendencia a darle un exceso de 60 de diámetro sobre el del resto del horno.

Durante los últimos años, en varios sitios se ha recomendado el ensanchamiento de lo que se conoce con el nombre de " zona de calcinación," y actualmente es una disposición bastante empleada (Fig. 5, véase pág 281). El objeto de este ensanchamiento es suministrar espacio adicional para lo que hoy día se considera la parte más dura en el trabajo del horno rotatorio, o sea la descomposición del carbonato de cal. Esta es una operación que requiere una temperatura mínima de unos 815° C., y absorbe considerable cantidad de calor. La zona de calcinación está situada cerca de la de cocción, y casi en la zona media del horno. Entre los partidarios de la zona de cocción ensanchada y los que abogan por el ensanchamiento de la zona de calcinación se ha llegado a una especie de convenio, cuyo resultado ha sido una zona ensanchada de longitud considerable, que en parte es zona de cocción, y en parte zona de calcinación.

Ultimamente ha revivido la teoría de que la zona de desecación del horno requiere espacio adicional, y han vuelto a proyectarse hornos con extremos de pasta (o sea el extremo superior del horno, por donde se introduce la pasta), ensanchados. En los primeros años de la evolución del horno rotatorio, los proyectistas se preocuparon más de la producción que del rendimiento térmico, pero en los últimos años se ha prestado más atención a la mejora de dicho rendimiento térmico, en grado igual que a la de la producción.

Examinando el perfeccionamiento del horno rotatorio en general, resultará evidente que cuanto más grande sea el horno menor será el coste de mano de obra por tonelada producida, porque un capataz de hornos puede vigilar dos hornos, y aún tres, con una producción total de 30 a 40 toneladas por hora, mientras que un horno que sólo produzca dos o tres toneladas por hora requiere el mismo personal de vigilancia.

Enfriadores de clinker.

El clinker al rojo que sale del horno rotatorio es enfriado económicamente haciendo de manera que el aire que se calienta al cederle su calor, pueda utilizarse para la combustión. Los hornos rotatorios más antiguos llevaban enfriadores situados inmediatamente debajo de ellos; el clinker caía directamente desde el horno al enfriador (Figs. 6 y 7, véase pág 282). Los enfriadores de clinker son tubos cilindricos parecidos a los hornos rotatorios, pero mucho más pequeños (Fig. 8, véase pág 283). Van movidos por medio de engranajes, como los hornos, y la zona más caliente está forrada de ladrillo refractario; en cambio, su extremo inferior suele estar forrado de planchas de hierro y va provisto de aletas elevadoras (Fig. 9, véase pág 284) que elevan el clinker caliente por los lados del enfriador y lo dejan caer en forma de cascada a través de una corriente de aire que remonta el enfriador en dirección opuesta a la del clinker, y que es la

que luego suministra el aire necesario para la combustión en el horno rotatorio. En estos últimos años ha sido inventado el enfriador integral, que en su forma mas sencilla es una prolongación del horno rotatorio, y en la práctica, cuando esta parte final del horno rotatorio actúa de enfriador, el tubo que conduce la mezcla de aire y carbón se hace penetrar unos 6 metros aproximadamente. La combustión, de este modo, no empieza hasta unos 6 metros dentro del horno, permitiendo así que su sección inferior sea empleada como dispositivo enfriador.

Este tipo de enfriador tiene ventajas, tanto en su coste de instalación como en su rendimiento, porque permite que el horno rotatorio se instale a nivel del piso, en lugar de tener que montarlo elevado a una altura suficiente para permitir la instalación del enfriador de clinker debajo de él. Además, las pérdidas de calor por radiación que tienen lugar entre el extremo de un horno rotatorio y el extremo del enfriador, a través de lo que se conoce con los nombres de caperuza del horno, vertedor del clinker y caperuza del enfriador, se evitan completamente con el uso del enfriador integral. Este ha sido proyectado por algunos constructores de hornos en forma de unos tubos auxiliares enfriadores, dispuestos alrededor del perímetro de la cubierta del horno rotatorio (Fig. 10, véase pág 285). Es probable que todavía no se haya llegado a la cumbre en el perfeccionamiento de tal tipo de enfriadores; pero, desde luego, parece probable que el enfriador separado no se seguirá usando en nuevos tipos de hornos, y que va a ser relegado al olvido.

Volviendo nuevamente a los enfriadores separados, que naturalmente representan la mayoría entre los existentes hoy día, se ha discutido mucho si el aire necesario para enfriar el clinker debe ser aspirado por el enfriador y pasar luego al horno por el tiro inducido de la chimenea del horno, o si este aire debe ser inyectado en el enfriador y en el horno mediante un ventilador (Fig. 11, véase pág 286). Los partidarios de este último sistema alegan que da una mejor regulación del suministro de aire, aunque evidentemente representa un consumo de energía que no tiene lugar cuando se utiliza únicamente el tiro de la chimenea.

El clinker entra en el enfriador a una temperatura de unos 1,100° C., y un enfriador eficaz lo verterá a una temperatura a la cual pueda ya ser manejado, al propio tiempo que calentará el aire necesario para la combustión hasta unos 375° C. Si se recuerda que la cantidad de calor contenido en el clinker que sale del horno equivale a unos 5 kgs. de carbón por cada 100 kgs. de clinker, se comprenderá que la recuperación de calor en los enfriadores de clinker es de importancia considerable para el rendimiento térmico.

Los hornos rotatorios, en conjunto, no pueden pretender ser un proceso científicamente económico en el consumo de combustible, puesto que por cada 45,5 kgs. de clinker se consumen de 11 a 12 kilos de carbón seco de 7,000 calorías-kg., mientras que los hornos verticales consumen sólo, en las mismas condiciones, de 7 a 9 kilos de carbón. En cambio, los hornos rotatorios poseen una ventaja positiva en el coste de mano de obra, comparados con los hornos verticales, siendo también mucho más fácil producir cemento de calidad superior en el horno rotatorio que en el vertical.

Revestimiento del horno rotatorio.

Los hornos rotatorios se emplearon por primera vez en forma industrial a fines del siglo pasado, y casi las únicas dificultades con que al principio se tropezó se debieron al revestimiento de los mismos. La temperatura máxima alcanzada en los hornos rotatorios se aproxima a los 1,650° C., y esto sólo ya exige un ladrillo muy

refractario; pero, además de tal temperatura, hay el rozamiento mecánico producido por la corriente de clinker sobre la superficie del ladrillo, y lo que es más destructor todavía, la acción fundente del clinker de cemento, que es básico, sobre los ladrillos, que son ácidos. Esta acción fundente se debe a la formación de compuestos de cal (procedente del cemento) y de sílice y alúmina (procedentes del ladrillo refractario), que se funden a una temperatura no muy superior a los 1,100° C., de modo que si no se evita tal acción fundente, un forro de ladrillos refractarios (de índole ácida) no durará muchos días en un horno rotatorio. Fué por lo tanto preciso estudiar el sistema de revestir el forro refractario con una capa del mismo clinker de cemento, mientras el horno estaba en marcha, y adiestrar a los primeros capataces de los hornos rotatorios en la práctica de esta operación. Se descubrió que, así que sobre el forro de ladrillos refractarios se formaba una capa de 5 a 8 cms. de espesor de clinker, ya no se producía la fusión, y el clinker podía circular durante un período de tiempo considerable sin tener que renovar los forros. No obstante, cada vez que se enfriaba el horno, esta capa caía, y generalmente arrastraba consigo una capa de ladrillos refractarios. Así, los paros ocasionados por averías mecánicas hacían que la duración promedia del forro de la zona de cocción de un horno refractario no llegara a seis meses, cuando se empleaban ladrillos refractarios de tipo ácido.

Sin embargo, durante los últimos años se han empleado en las zonas de cocción de los hornos rotatorios ladrillos refractarios que contienen de 60% a 70% de alúmina, y como estos ladrillos son de características químicas casi neutras, la acción fundente sobre ellos por parte del clinker de cemento es muy pequeña, y por consiguiente, las zonas de cocción de los hornos rotatorios, forradas con ladrillos aluminosos, no suelen requerir renovación antes del término de un año.

Estos ladrillos aluminosos, conocidos a veces con el nombre de ladrillos de bauxita, están hechos con bauxita natural u otros minerales de composición parecida, y requieren una cocción muy intensa. En Inglaterra no se encuentran primeras materias adecuadas, de manera que, o bien se tienen que importar las primeras materias, o bien los ladrillos hechos; ésto, agregado al alto grado de cocción que necesitan, los hace considerablemente más costosos que los ladrillos refractarios ingleses, si bien la práctica ha demostrado que su mayor coste queda compensado por la mayor duración de tales ladrillos en la práctica.

Los ladrillos de magnesita, compuestos principalmente de magnesia, fueron también ensayados en los primeros tiempos del horno rotatorio, pero no tuvieron mucha aceptación por su elevado coste y su tendencia a cuartearse, que reducía su duración.

La necesidad de ladrillos especiales en los hornos rotatorios se limita únicamente a la zona de cocción, o sea a una cuarta parte de la longitud total del horno, y las otras tres cuartas partes pueden perfectamente forrarse de ladrillos refractarios corrientes, porque la temperatura no es suficientemente alta en las regiones superiores del horno para atacar la índole refractaria de tales ladrillos, ni para dar lugar a la acción fundente arriba descrita. El extremo superior del horno, que contiene solamente pasta húmeda o a medio secar, está a veces revestido de hormigón fraguado allí mismo, siendo este revestimiento, según opinión general, muy apropiado para tal zona.

El mechero de carbón.

Como ya se ha dicho, el horno rotatorio se calienta mediante una llama producida por la combustión de

carbón finamente pulverizado. Cerca del extremo caliente del horno se dispone un ventilador, que inyecta aire por un tubo de unos 22.5 cms. de diámetro; en este tubo se introduce el carbón necesario para la combustión (Fig. 12, véase pág 287). La mezcla de carbón y aire arde, poco después de salir del tubo, con una llama de alta temperatura. En algunos casos, este ventilador del mechero de carbón, como se le llama, está dispuesto de manera que aspira aire caliente desde el enfriador de clinker; la mezcla de aire caliente y carbón que entra de esta forma en el horno arde más rápidamente de lo que lo haría una mezcla de aire frío y carbón, y suministra una llama más caliente, mientras que al propio tiempo ayuda a recobrar alguna parte del calor del clinker que se enfría. En otros casos, el ventilador del mechero de carbón extrae el aire del molino de carbón y del secador de carbón, realizando así la necesaria ventilación de estas máquinas.

El molino de carbón.

Para que una llama de carbón pulverizado arda rápidamente, como lo exige un horno rotatorio, es necesario que el carbón esté seco y finamente molido, y esto implica el desecado y molturación del carbón que llega de la mina.

Sólo hace pocos años que se consideran necesarios los secadores de carbón, que al principio acostumbraban a revestir la forma de tambores rotatorios de 12 m. de largo por 1.20 de diámetro y más, a través de los cuales pasaba el carbón e iba avanzando gracias a la rotación. Exteriormente al tambor (que estaba alojado en una cámara de obra de fábrica), pasaba aire caliente procedente del enfriador de clinker, o gases calientes procedentes de un hogar dispuesto especialmente, que luego atravesaban el tambor interiormente (Figs. 14 y 15, véase pág 289), y el vapor procedente de la humedad del carbón iba a parar a la atmósfera, o era introducido en el horno por el ventilador del mechero. Debido a la necesidad de evitar que las temperaturas en el tambor de desecación del carbón se elevasen tanto que pudiesen inflamar el carbón, la desecación del carbón por este procedimiento resultaba de un rendimiento bastante bajo, y el agua evaporada por kg. de carbón raras veces excedía de 2 kgs. Del tambor secador el carbón pasaba a molinos trituradores, que o bien eran del tipo tubular, descrito al hablar de la molturación del clinker, o del sistema de péndulos. Desde los molinos de carbón, el polvillo pasaba a silos o tolvas, antes de ser introducido en el horno.

Se sabía que era conveniente una rápida combustión del carbón dentro del horno, y una manera de alcanzarlo era la molturación muy fina. En los últimos años se han popularizado máquinas molturadoras de carbón que son en una sola pieza secadoras y pulverizadoras (Fig. 16, pág 290). Estas máquinas admiten el carbón menudo tal como viene de las minas (sin secar) y lo pulverizan e inyectan en el horno rotatorio; de modo que realizan el trabajo del molino de carbón, secador y ventilador del mechero de carbón que se necesitaban en las primeras instalaciones. Estos pulverizadores presentan algunas veces la forma de desintegradores de gran velocidad, con discos que giran sobre un huso horizontal, mientras que en otras ocasiones se adopta la combinación de un pequeño molino de bolas o refino tubular, y un ciclón separador. En ambos casos es necesario que el aire caliente procedente del enfriador de clinker sea aspirado a través de los molinos para facilitar la molturación del carbón húmedo. Cuando se emplea un ciclón, se separa la mayoría del carbón pulzerizado, que es recogido y almacenado en una tolva. Estas máquinas

tienen sus limitaciones cuando tratan carbón muy mojado que contenga más de 10% de humedad, y no se adaptan muy bien a la fina molturación del carbón que puede resultar necesaria al usar determinadas clases de combustible.

Calidad del carbón.

En cierto sentido, es verdad que casi toda clase de carbón puede utilizarse en su combustión en los hornos rotatorios de cemento, con tal que antes de introducirlo en los hornos se le aplique el tratamiento necesario. Hablando en términos generales, sin embargo, el carbón ideal para la cocción de cemento en los hornos rotatorios, cuando la cuestión del coste se considera en armonía con la de la calidad, sería el que contuviese menos de 5% de humedad, no más de 10% de cenizas, y un mínimo de 20% de materias volátiles. Este carbón se emplearía con éxito si se moliese hasta dejar un residuo de un 20% al tamiz de 4,900 mallas. Hay casos, sin embargo, en que puede usarse carbón con un residuo de 30% al mismo tamiz con resultados satisfactorios, aun cuando entonces las cenizas del carbón molido con tan poca finura tiendan a aglomerarse en una zona del horno y a formar anillos de clinker, y no se obtenga la rapidez de combustión que es conveniente para el buen rendimiento térmico. También será posible usar carbón que contenga menos de 20% de materias volátiles, siempre que la finura de molturazión se haya apurado hasta el grado necesario para permitir la combustión rápida. En algunas fábricas, el residuo al tamiz de 4,900 mallas es sólo del 5%. Es asunto digno de consideración si la fuerza gastada en tan fina molturación está compensada por el menor precio de un carbón bajo en materias volátiles. El tanto por ciento de cenizas en el carbón empleado en los hornos rotatorios puede variar en una escala considerable, habiéndose a veces alimentado hornos rotatorios con carbón que contenía 25% de cenizas, con un funcionamiento satisfactorio. Debe pensarse, sin embargo, que gran parte de las cenizas del carbón consumido en los hornos rotatorios se mezclan con las primeras materias del cemento y alteran su composición química, de modo que el químico debe acomodar la composición química del crudo en forma que se armonice con el cambio de composición ocasionado por su mezcla con las cenizas de carbón.

Aletas elevadoras de pasta.

Se han mencionado las aletas elevadoras de pasta, situadas dentro de la sección de entrada de alimentación de un horno rotatorio, al objeto de desparramar las primeras materias y obtener un contacto más íntimo entre ellas y los gases calientes que recorren el horno en camino ascendente. En la vía húmeda, si no se toman medidas para distribuir el crudo de esta manera por medio de elevadores u otros dispositivos, los gases que salen del horno pueden escapar a una temperatura de 500° C. y hasta más, y ésto representa un derroche considerable de calor. Por este motivo se ha trabajado mucho en la investigación de aletas elevadoras de distinta índole para distribuir pasta y producir un contacto íntimo entre ella y los gases calientes.

Estos elevadores tienen la forma de aletas o cucharas fijas en el interior de la cubierta del horno, o de diafragmas en forma de estrella, que ocupan la sección transversal del horno en el extremo de alimentación, o de un sólo tubo concéntrico o panal de tubos, y en los últimos años de guirnaldas de cadena (Fig. 13, véase pág 288) suspendidas muy libremente en el interior del horno. El tipo de elevador de pasta empleado debe ser apropiado a la naturaleza de la pasta. Si se trata de pastas muy viscosas, el elevador tiene que ser de tipo muy sencillo, pues de otra forma hay peligro de que se formen acumula-

ciones de pasta que obstruyan el tiro del horno, mientras que con pastas más flúidas pueden emplearse ventajosamente elevadores más complicados.

Los elevadores de pasta bien estudiados consiguen mantener satisfactoriamente la temperatura de los gases que salen del horno a unos 230° C. Se comprenderá que la instalación de elevadores de pasta dentro del horno representa un obstáculo al paso de los gases calientes a lo largo del horno, y cuando el sistema de elevadores es complicado, será preciso un ventilador para ayudar a los gases en su paso a través de tal sistema.

Aunque el horno rotatorio se ha usado ya por espacio de casi treinta años, todavía no se ha llegado a un acuerdo general sobre la técnica de la operación de cocción. La índole de la llama empleada puede variar muy considerablemente mediante modificaciones del tubo del mechero y de su posición, y de las proporciones existentes entre el aire que entra en el horno por el tubo del mechero y el aire secundario que entra por el vertedor de clinker. Probablemente, hay varias maneras de alcanzar el mismo fin, pero en los hornos rotatorios de hoy día se ha alcanzado un progreso considerable con relación a los de hace cinco años. En consecuencia, los constructores de hornos garantizan hoy día un consumo máximo de carbón del 24%, basado sobre una producción de clinker con pasta que no contenga más de un 40% de agua; mientras que en los hornos de modelo antiguo, se tenía un consumo de carbón del 29% y hasta más.

Control científico del horno rotatorio.

En los primeros tiempos del empleo del horno rotatorio, el control se realizaba más o menos " a ojo "; pero en estos últimos años se ha introducido un control científico de la combustión, con considerable progreso en la economía. Hoy día puede afirmarse que en ninguna industria se quema el carbón con una combustión tan perfecta como en los hornos rotatorios de cemento bien controlados, pues tales hornos arrojan los productos de la combustión casi sin ningún exceso de aire, y sin dejar carbón por quemar.

Para obtener esta combustión tan perfecta, es preciso analizar constantemente los gases que salen del horno rotatorio, cosa que se hace por medio de instrumentos que extraen muestras del gas y registran continuamente las dosis de CO_2, oxígeno y CO. Ésto pone al químico en condiciones de denunciar en seguida toda combustión imperfecta, que puede remediarse mediante la graduación de la dosis de aire.

En los mejores hornos rotatorios hoy día en uso hay considerables pérdidas de calor, debidas a la alta temperatura de los gases que salen del horno, y en esta cuestión también es preciso un registrador continuo de la temperatura para evitar cualquier pérdida innecesaria. Un horno bien estudiado despedirá los gases a una temperatura inferior a 200° C, mientras que en algunos de los hornos antiguos esta temperatura podía ser hasta de cerca de 500° C, lo que implica una pérdida de unas 5 toneladas de carbón por 100 toneladas de clinker, si se le compara con el nuevo horno rotatorio de mayor rendimiento.

Otro detalle importante del rendimiento térmico es el control del suministro de aire, para asegurar en cuanto sea posible que el aire requerido para la combustión sea calentado previamente por el clinker que sale del horno. El control de esta sección exige el uso de indicadores de tiro para registrar el de la corriente de aire. La misión del capataz de hornos rotatorios es lograr una alimentación perfectamente constante de crudo, y una inyección perfectamente uniforme de carbón y aire dentro del horno, para no tener que ir haciendo modificaciones, y que pueda obtenerse la producción de clinker perfectamente cocido a un régimen constante de pro-

ducción. En la práctica, no obstante, este ideal no es asequible, a causa de las variaciones del régimen de entrada del material en el horno y de las variaciones en la calidad del carbón. De ahí que sea preciso disponer de facilidades para la graduación; ésto puede hacerse desde luego, tanto modificando el régimen de entrada del crudo como el del carbón, pero el método más comunmente empleado es la variación de la velocidad del horno, que permite que la corriente de material dentro del horno quede retardada o acelerada según convenga.

La pérdida de calor ocasionada por la alta temperatura de los gases de la chimenea, ha sido ya mencionada; probablemente la pérdida que le sigue en importancia es la que tiene lugar por la radiación de la superficie del horno y del enfriador. Esta radiación se calcula más o menos equivalente a unas 4 toneladas de carbón por 100 toneladas de clinker. Se han realizado tentativas para disminuir esta pérdida, aislando la cubierta del horno, generalmente por la instalación de material aislante contra el calor entre el forro de ladrillos refractarios y la cubierta de acero del horno. En algunos casos el calor irradiado por la cubierta del horno se ha utilizado para la desecación del carbón.

Las mejoras descritas en el proyecto del horno rotatorio moderno han sido llevadas a la práctica de esta manera, y durante los últimos cinco años se ha progresado más en la economía de este horno que durante los diez años anteriores. En verdad, por lo que se refiere a la economía y base cientifica de fabricación del cemento, la industria del Reino Unido puede alternar con la de cualquier otro país del mundo.

Explicación de las figuras.

Fig. 1 (véase pág 277). Horno rotatorio con zona de cocción ensanchada.

Fig. 2 (véase pág 278). Mecanismo de engranaje accionador del horno rotatorio.

Fig. 3 (véase pág 278). Forma primitiva de alimentación de pasta en los hornos rotatorios.

Fig. 4 (véase pág 280). Primitivos hornos rotatorios con el extremo de la pasta ensanchado.

Fig. 5 (véase pág 281). Horno rotatorio con zona de calcinación ensanchada.

Fig. 6 (véase pág 282). Sección de una instalación primitiva de horno rotatorio, con el enfriador en un plano inferior.

Fig. 7 (véase pág 282). Hornos rotatorios con enfriadores separados debajo.

Fig. 8 (véase pág 283). Extremo de descarga de los primitivos enfriadores de clinker.

Fig. 9 (véase pág 284). Aspecto interior de un enfriador rotatorio de clinker, en que se ven las aletas elevadoras.

Fig. 10 (véase pág 285). Horno rotatorio con enfriador " Integral."

Fig. 11 (véase pág 286). Enfriador de clinker con tiro de ventilador.

Fig. 12 (véase pág 287). Extremo de salida del horno, donde se ve el tubo de inyección de carbón.

Fig. 13 (véase pág 288). Interior de un horno rotatorio provisto de guirnaldas de cadena.

Fig. 14 (véase pág 289). Secador rotatorio de carbón (durante su instalación) dejando ver el tubo central.

Fig. 15 (véase pág 289). Extremo de alimentación del secador rotatorio de carbón.

Fig. 16 (véase pág 290). Secador y pulverizador de carbón en una sola pieza.

Quejas sobre el cemento.—I.

Análisis de investigaciones.

por H. A. HOLT.

El diagnóstico sobre las causas del mal resultado de un hormigón exige a veces gran poder imaginativo por parte del investigador. Parece persistir todavía la idea de que mientras haya cemento, por pequeña que sea su dosis, la naturaleza de los restantes ingredientes no tiene importancia, mientras se obtenga una masa suficiente. La excelencia del cemento Portland moderno en cierta manera tiene la culpa de la subsistencia de esta idea, ya que a veces es bastante fuerte para compensar la influencia nociva de los agregados deficientes y una mano de obra de calidad inferior; él sólo sostiene el hormigón y a veces logra que llegue a satisfacer a unas normas indulgentes. Un hormigón de tal clase no es nunca satisfactorio, y raras veces resulta económico a largo plazo.

Estos casos, naturalmente, se presentan en reducida minoría. El prototipo de calidad del hormigón producido en Inglaterra progresa constantemente, a medida que los arquitectos e ingenieros aprecian la importancia de puntos tales como la cuidadosa selección de la grava y la arena, y el control del agua de amasado y métodos de conservación, y ellos están constantemente introduciendo cláusulas relativas a dichos puntos esenciales en sus Normas.

Los resultados de los análisis e investigaciones de laboratorio efectuados sobre muchas muestras de hormigón deficiente, han señalado muchas faltas bien distintas y delimitadas, cualquiera de las cuales hubiera bastado para producir el mal resultado obtenido. En 47 de 400 muestras examinadas, no pudo encontrarse el motivo de dicho mal resultado. En 353 muestras de hormigón deficiente, se encontraron 629 causas posibles de fracaso, lo que indica que en la gran mayoría de los casos de hormigón de mala calidad, el mal resultado no era debido a un solo factor en contra, sino a una combinación de factores, que juntos habían dado por resultado un hormigón de calidad tan inferior que dió origen a quejas. De ésto se deduce que una investigación no es completa hasta que no se ha examinado toda causa razonablemente posible de deficiencia del hormigón. Si al encontrar la primera falta se da término a la investigación, puede descuidarse una falta de índole mucho más peligrosa. Debiera quedar bien entendido que las investigaciones descritas no estaban relacionadas con el fracaso de construcciones de hormigón, sino sólo, en la mayoría de los casos, con quejas de la calidad deficiente del hormigón durante la construcción o durante la elaboración de artículos de hormigón.

El constructor de hormigón con poca experiencia, cuando ve que su hormigón no es como debiera ser, atribuye la falta al cemento, con una regularidad que no falla, olvidándose de que el cemento es el único componente de su hormigón que se ha producido científicamente bajo la inspección de químicos expertos, y que hay muchas otras faltas que con mayor probabilidad habrán causado el percance, y que son achacables a una grava de calidad deficiente, o a la mala calidad de la mano de obra. En los 400 hormigones examinados, solamente se presentó un caso de mal resultado debido a la calidad del cemento deficiente, consistiendo en ser dicho cemento de fraguado demasiado rápido. En seis casos se encontró que el cemento estaba demasiado aireado,

pero ésto era debido a un almacenaje prolongado o en malas condiciones, en la obra o en el depósito de venta.

Causas del hormigon deficiente.

Las deficiencias de un 56% de los hormigones, aproximadamente, eran imputables, en una forma u otra, a una mano de obra mala, y el resto a materiales defectuosos. De las 400 muestras examinadas, damos a continuación una lista de faltas, guardando el orden de magnitud en cuanto ha sido posible:

83 (20.7%). Mezclas con dosis demasiado baja de cemento, que dieron un hormigón o mortero flojos y porosos.

49 (12.3%). La grava y la arena estaban contaminadas con materia orgánica, que producía un retraso del endurecimiento del cemento, y en los casos más graves, la imposibilidad de llegar al endurecimiento. Esta cifra resultaría más elevada si no fuera que a menudo es imposible comprobar la presencia de la materia orgánica en la grava o la arena mediante el análisis del hormigón.

48 (12%). Amasado deficiente o insuficientemente prolongado, que produce una distribución desigual del cemento y arena, con lo cual estos materiales inertes se arraciman y apelotonan.

47 (11.75%). Imposible determinar la causa del mal resultado. En muchos de estos casos pudo sospecharse la falta, pero no comprobarla, frecuentemente por falta de datos sobre el fracaso en cuestión. Otros casos fueron probablemente debidos a la presencia de materia orgánica en la arena y la grava (como se ha dicho más arriba); a muestras demasiado pequeñas y que correspondían mal con el material representado; a especificaciones incorrectas; o a alguna circunstancia local relacionada con el trabajo, de la cual no tenía noticia el investigador.

43 (10.75%). Arenas o gravas que contenían demasiado barro o arcilla, en tal forma que producían el apelotonamiento de la arena o el recubrimiento de la grava con una película que impedía la debida adherencia con el cemento. En este sentido, la forma en que el barro o arcilla se hallan es mucho más importante que su misma cantidad efectiva. Una pequeña dosis de barro, si forma una película alrededor de la gravilla, es mucho más dañina que una cantidad relativamente grande en forma de polvo suelto, con tal que, desde luego, su naturaleza química no sea de por sí nociva.

36 (9%). Arenas demasiado finas, o un exceso de polvo fino como harina en las arenas y gravas obtenidas con piedra triturada. Esta falta es muy frecuente, dando por resultado un mortero de escasa resistencia en la obra, y que, generalmente, no se adhiere bastante a la grava. Cierta cantidad de arena fina es indispensable, pero no más de lo que lo es una cantidad aun mayor de arena gruesa. Dos (0.5%) casos solamente se encontraron en los que se había empleado arena demasiado gruesa, sin cantidad suficiente de material fino. El resultado fué un hormigón poroso, de mal aspecto, ya que las superficies no se pudieron alisar con una pasta suficientemente grasa.

35 (8.7%). Fueron casos de un exceso de agua de amasado, que dieron como consecuencia una notable disminución en la resistencia del hormigón, principalmente en los primeros tiempos, y también un deslavado de la mezcla y, a veces, grietas de contracción. Esta cifra no expresa realmente con fidelidad el número de los hormigones en los que se empleó una mezcla demasiado flúida, pues aun cuando, por el aspecto del hormigón, puede conjeturarse la presencia de un exceso de agua en la mezcla, con frecuencia es imposible probarlo analíticamente. En quince (3.75%) de estos casos, una dosis insuficiente de agua de amasado dió un cemento imperfectamente hidratado, falto de resistencia y homogeneidad, y de una porosidad excesiva.

34 (8.5%). Casos de una gradación desacertada de la grava y arena, entre los cuales se contaron tres casos de deficiencia del material intermedio. En la mayoría de los otros 31 casos, el material inerte era de tamaño inadecuado para la clase de trabajo en cuestión, ocasionando una consolidación insuficiente, porosidad y un recubrimiento deficiente del hierro de la armadura.

34 (8.5%). Mezclas con demasiada arena, que dieron hormigones flojos, por ser la extensión superficial de la arena mayor que la extensión superficial de la grava gruesa, y, por lo tanto, necesitarse más cemento para recubrirla. 22 casos (5.5%) fueron de mezclas con demasiada poca arena, falta más importante aún, cuya consecuencia es la producción de un hormigón poroso y arracimarse la grava.

25 (6.25%). Estos fracasos fueron enteramente o en parte debidos a mano de obra defectuosa al colocar y apisonar el hormigón, dando por resultado una masa floja, mal consolidada, porosa. Si se emplea esta clase de material para hormigón armado, hay riesgo de que las barras no queden suficientemente compenetradas con la masa, y recubiertas, con el mal resultado consiguiente, a causa de la debilidad de la construcción, o de oxidarse el acero.

23 (5.75%). En estos casos los agregados, como escoria o clinker, tenían demasiado carbón, lo cual produjo la expansión del hormigón, su agrietado y su disgregación.

20 (5%). En estas muestras se encontró en los agregados (feldespatos, escoria no aireada, clinker) la presencia del azufre en forma de sulfuros, que producían un retardo del endurecimiento o la disgregación del hormigón al oxidarse los sulfuros. Esta falta es en parte consecuencia de la excesiva porosidad del hormigón. Trece (3.25%) de los casos, denunciaron en los agregados la presencia del azufre en forma de sulfatos, (espatos, clinker o escorias) ocasionando un agrietamiento y desintegración graduales.

19 (4.75%). Fueron casos de conservación defectuosa, sea por falta de protección contra las heladas, el sol, los vientos secos; sea por un secado demasiado rápido por algún otro motivo. Esta cifra debería ser más alta, pero lo impide la dificultad de probar esta falta con la sola inspección visual o por análisis.

15 (3.75%). Empleo de gravas escamosas o demasiado redondeadas, que causan arqueamientos y huecos, y la subsiguiente debilidad y porosidad.

14 (3.5%). Agregados cuya estructura carecía de resistencia suficiente, como son las areniscas blandas y las piedras ígneas desintegrades. Estos agregados tienden a quebrarse cuando son apisonados, o cuando el hormigón sufre presiones, y forman, naturalmente, bolsas de materia más blanda.

9 (2.25%). Los fracasos fueron debidos a la acción de productos químicos industriales, a cuya influencia quedó sometido el hormigón, no protegido o insuficientemente protegido.

8 (2%). Las gravas estaban contaminadas con piedra de yeso o yeso, tal como sucede con el cascote de ladrillo, sin limpiar, lo que produce un fraguado rápido del cemento.

7 (1.75%). En estos casos el hormigón presentaba una cantidad excesiva de huecos, cuyas causas exactas no pudieron ser probadas por el examen, pero que probablemente eran debidas a una combinación de circunstancias. En dos casos, no obstante, fueron la consecuencia de la colocación del hormigón en agua corriente, que lo deslavó, arrastrando gran parte del cemento y de la arena.

6 (1.50%). Casos de cemento excesivamente aireado, debido a un almacenaje demasiado prolongado o deficiente, que dió por resultado un retardo del fraguado, y en casos extremos, un retardo incluso del endurecimiento.

5 (1.25%). Casos de presencia de materia carbonosa en la grava, que produjo un retardo del endurecimiento.

4 (1%). Los fracasos se debieron a la mezcla del cemento Portland con cementos aluminosos, ocasionando un fraguado excesivamente rápido.

4 (1%). La mezcla era demasiado fuerte. La muestra probó, en cada caso, estar compuesta de cemento casi puro, que por dicha razón se agrietó mucho.

3 (0.75%). Los agregados contenían cantidad excesiva de restos vegetales en forma de hojas y hierba, lo que produjo un debilitamiento físico del hormigón, completamente independiente del efecto de la materia orgánica sobre el cemento.

1 (0.25%). El fracaso fué debido a contener el agregado cal libre, que ocasionó el entumecimiento y disgregación del hormigón.

1 (0.25%). La armazón no quedó suficientemente revestida, dando por resultado la oxidación y subsiguiente expansión del acero.

1 (0.25%). Unico caso en que el cemento fué deficiente. Era de fraguado rápido, y el hormigón no pudo desprenderse de los moldes.

Como ya se ha mencionado, en 90% de las muestras de hormigón se encontraron cuando menos dos faltas definidas, pero en muchos casos eran más de dos las influencias adversas que afectaban a los resultados. A continuación damos algunos detalles de casos particulares en que el mal resultado fué debido a una combinación de factores.

Falta de endurecimiento.

Se tropezó con un caso en que el hormigón no podía endurecerse satisfactoriamente y quedaba muy flojo. Al analizar las dosis que se habían empleado, se fijaron en 3.2 partes de escoria, 0.8 partes de arena y una parte de cemento. La gradación de tamaños del agregado era deficiente, no existiendo material intermedio, la arena era excesivamente fina y contenía demasiado fango, y la cantidad de arena presente era insuficiente. Además, el análisis reveló la presencia de indicios de azufre en forma de sulfuros y anhídrido sulfúrico, cuando menos 2% por encima de la cantidad usualmente admitida en el cemento. Se añadía a los demás motivos de fracaso que el cemento estaba demasiado aireado, aunque los ensayos probaron que aun cumplía con las Normas Británicas. Más tarde se averiguó que el cemento se había almacenado en la obra durante algún tiempo en malas condiciones. No era de extrañar que con todas estas faltas presentes el hormigón tuviera escasa resistencia y que el endurecimiento del cemento se hubiese retardado.

En otro caso, en que el hormigón no se había endurecido, el color de la muestra era el de un bizcocho claro, debido en primer término al exceso de agua empleada en el amasado, que frecuentemente da un hormigón de color muy claro, y en segundo término al exceso de arcilla presente en la grava. Cuando el hormigón se agrietó, podían separarse de él las piedras sin materia adherida, dejando tras de sí huecos revestidos de arcilla que primitivamente había circundado las piedras en forma de delgada película. El hormigón se había amasado mal, y la grava estaba mal clasificada, resultando de ello que había tenido lugar el acuñamiento de sus trozos, y se habían formado muchos huecos.

Y en otro caso, en que el hormigón no se había endurecido satisfactoriamente, el fracaso se debió a una combinación de las siguientes faltas: mezcla con dosis excesiva de arena; grava que contenía exceso de fango y materia orgánica; arena demasiado fina; amasado insuficiente; indicios de que se había empleado para el amasado una cantidad indebida de agua; el hormigón, insuficientemente protegido, había sido atacado por la escarcha. Sería difícil ver cómo el productor de este hormigón hubiera podido incurrir en mayor número de errores, y sin embargo, tuvo que achacar la culpa del fracaso al cemento.

Clasificación de la arena y presencia de impurezas en la misma.

Durante una investigación sobre la resistencia de los morteros hechos con tres arenas diferentes, A, B y C, se obtuvieron algunos resultados interesantes:

La arena A era de grano grueso y no contenía barro.

La arena B era casi del mismo grueso que la A y contenía 12½% de barro.

La arena C era de grano fino y contenía 12½% de barro similar al contenido en la arena B.

Se hicieron cubos con tres partes de cada muestra de arena respectivamente, por una parte de cemento portland, de endurecimiento rápido, y se ensayaron a las 24 horas y 7 días.

Arena A.		Arena B.		Arena C.	
24 horas.	7 días.	24 horas.	7 días.	24 horas.	7 días.
		kg/cm².			
273	651	161	539	112	490
245	630	157.5	525	112	490
238	602	154	490	112	490
252	627.67	157.5	518	112	490

Es interesante observar las reducciones de resistencia debidas separada y distintamente al barro y al grano demasiado fino de la arena. La arena gruesa sucia B, aunque aproximadamente de la misma composición granulométrica que la arena limpia A dió resistencias considerablemente más bajas, debido a la presencia del barro. La arena fina C da resultados inferiores a los de la arena gruesa B, a causa de la diferencia de tamaño del grano, ya que el carácter y la cantidad de barro presentes en ambas arenas eran los mismos. En este caso particular, no había presencia de materia orgánica, pero muy frecuentemente ocurre que las arenas de mina que contienen barro están contaminadas con materia orgánica. En el transcurso del tiempo, un depósito de arena o tierra de aluvión queda cubierto de capas sucesivas de turba o vegetación en putrefacción; la lluvia arrastra la materia orgánica y la deposita en la arena, que actuando de filtro, retiene la materia orgánica y deja pasar a través de ella el agua pura. Y no es raro que suceda que la arena en la parte superior de la mina contigua al manto de tierras, recoja la mayoría de esta materia orgánica vegetal, estando la arena que se halla en la parte inferior casi libre de contaminación.

Materias orgánicas en la grava.

Aunque la materia orgánica se encuentra principalmente en las arenas y gravas de mina, se han presentado a veces casos en que otros agregados, tales como caliza, granito y arenas de río, contaminados con materias orgánicas, han ocasionado el fracaso. En cierto caso en que el hormigón de un muro de contención, depués de nueve días no había dado ninguna señal de endurecimiento, se vió que había sido confeccionado con cascote de ladrillo como agregado. Al examinarlo, se encontró que no contenía ninguno de los componentes nocivos para el cemento que a veces se encuentran en el ladrillo, y hasta que no se hizo el ensayo de la sosa cáustica, como último recurso, no se descubrió que se revelaba la presencia de materia orgánica en cantidades tan considerables que forzosamente debían retardar el endurecimiento del cemento.

Materia carbonosa.

La materia carbonosa es distinta de la materia orgánica, pero cuando se la encuentra en la arena o grava tiene un efecto similar sobre el cemento. A veces se halla presente en forma de lignito, especialmente en la arena de minas de Escocia e Irlanda. Se han conocido casos en que el dejar de endurecerse un hormigón tenía lugar solamente en algunos puntos aislados, y al examinarlos se vió que el núcleo de dichos puntos consistía en una partícula de lignito. Evidentemente, cuanto más finamente, subdivido esté el lignito, mayor será su distribución por el agregado, y más general y agudo será su efecto nocivo.

(Continuará.)

La ampliación de las instalaciones de la fábrica de cemento Portland de Groschowitz.

La Sociedad Anónima de Oppeln (Alemania) " Schlesische Portland-Cement Industrie " decidió, a los comienzos del año 1927, ampliar considerablemente sus talleres de Groschowitz, en la Alta Silesia. Hasta aquella fecha, la producción diaria de la fábrica citada, por el sistema de la pasta espesa, era de 200 t. Tratábase de aumentarla a 700 t. En ocasión de la ejecución del proyecto volvióse a aumentar la capacidad de producción, que pasó a ser de 1200 t. diarias. En el otoño de 1927 se dió principio a las excavaciones necesarias, y en 1º de octubre de 1928 se inició el servicio regular de la nueva fábrica, cuyas instalaciones estaban dotadas de máquinas construídas y suministradas en su totalidad por la casa Krupp-Grusonwerk de Magdeburgo-Buckau.

Las primeras materias extraídas de las canteras próximas, con el auxilio de dragas de grandes excavadoras de cuchara (fig. 1, pág. 298), son conducidas a la fábrica de cemento de Groschowitz en vagonetas de baldes basculantes, de 6 t. de capacidad de carga. Los baldes son retirados de los bastidores de las vagonetas por medio de una grúa-puente de 10 t. de potencia (fig. 2, pág. 299), que vacía automáticamente el respectivo contenido que pasa a las tolvas de carga de dos trituradoras de martillos, cuya producción horaria es de 250 t., cada una. La conducción de la piedra caliza a las trituradoras se hace de un modo uniforme, con el auxilio de transportadores de bandejas, formados por chapas grandes y pesadas. Una segunda grúa-puente (fig. 3, pág. 299), provista de una cuchara que trabaja automáticamente y extrae las primeras materias necesarias para la fabricación del cemento, conduce la piedra caliza, previamente triturada, a los depósitos respectivos, que se hallan encima de los dos molinos de pasta espesa.

Estos molinos de pasta, como todos los molinos tubulares instalados en la nueva fábrica, están dotados del mecanismo patentado de accionamiento " Centra " (fig. 4, pág. 300), yendo enlazados por el centro de uno de sus extremos a un engranaje de reducción de gran precisión, cuyo eje motor está acoplado elásticamente a un motor eléctrico. Los molinos tienen 2.2 m. de diámetro, 13 m. de longitud, y trabajan con 3 compartimientos diferentes. El producto que en ellos se obtiene es una pasta espesa, con un 40% de agua y un 5% de residuo seco al tamiz de 4900 mallas por cm^2. Cada molino produce por hora 36 t. de material crudo seco, y absorbe una proencia de 600 C.V.

Una draga tipo " Mammut " conduce la pasta cruda de cemento a depósitos de corrección y mezcla, donde se la homogeneíza, insuflando aire comprimido y con el auxilio de grandes bombas de pasta tipo " Mammut."

Además del horno rotario existente, que tiene 3 m. de diámetro y 50 m. de longitud, se instalaron dos nuevos hornos, de 3.30 m. de diámetro y 55 m. de longitud (fig. 5, pág. 301). Los hornos citados y los tambores enfriadores son accionados por medio de reductores de engranajes de precisión. Los cojinetes de los rodillos de apoyo están dotados de lubricación por aros.

Cada uno de los hornos rotatorios recientemente instalados está equipado con una caldera para el aprovechamiento del calor de los gases de escape, teniendo dichas calderas, a ese fin, una disposición especial (fig. 6, pág. 301) La superficie de caldeo de cada caldera es de 1000 m^2. Con esas calderas se puede producir una cantidad de vapor suficiente para el accionamiento de toda la instalación recién montada.

Después de su salida de las calderas citadas, los gases calientes de escape tienen sólo unos 180° a 200°, y son conducidos por medio de ventiladores de tiro inducido hasta la chimenea.

Después de la salida del clinker de los tambores enfriadores, procédese a pesarlo automáticamente, para conducirlo luego a los almacenes o depósitos, por medio de un transportador de cinta. Sobre los depósitos corre una grúa-puente de 30 m. de luz, cuya vía de corrimiento tiene 100 m. de longitud, (fig. 7, pág. 302); está dotada de una cuchara de presa automática y de 4 m^3 de capacidad de carga, que distribuye el clinker por toda la superficie del depósito respectivo. Este sistema de llenar y vaciar los depósitos ha dado hasta ahora los mejores resultados, y no sólo es posible, así, utilizar toda la superficie aprovechable del depósito, sino que se obtiene, además, con él, una gran limpieza, evitándose la producción de polvo, por no dejarse caer el clinker desde gran altura.

El clinker a moler se extrae con el auxilio de una grúa de cuchara, y pasa entonces a una tolva de almacenaje, dispuesta sobre unos transportadores que, en combinación con elevadores del tipo de cangilones, alimentan los molinos de cemento.

A la entrada de cada molino de cemento se hallan dos alimentadores de plato rotatorio, que distribuyen de manera uniforme, y en dosis rigurosamente regulables, el clinker y la piedra de yeso entre los molinos combinados tubulares de 3 compartimientos, que tienen un diámetro de 2.25 m. y una longitud de 13 m. Cada molino puede moler por hora unas 19 toneladas de clinker, reduciéndolo a cemento, siendo de 10% su residuo al tamiz de 4900 mallas por cm^2. El mecanismo o transmisión "Centra" garantiza una completa seguridad de servicio en esos pesados molinos, así como un gran rendimiento, por no necesitar la corona dentada y el piñón hasta ahora usados, sin protección y sujetos a fuerte desgaste.

Detrás de los molinos, que están enlazados directamente con una instalación depuradora de polvo, se hace el pesaje del cemento, que es conducido, luego, con el auxilio de cintas transportadoras y elevadores de cangilones, a 6 silos de cemento, que tienen 13.2 m. de diámetro y 25 m. de altura.

Para la extracción del cemento almacenado en los silos, se emplean dispositivos de evacuación dotados de rodillos. Elevadores de noria y transportadores de tornillo sirven de auxiliares para las cuatro máquinas de ensacar, que se hallan en condiciones de llenar unos 3600 sacos de cemento, de 50 kgs. cada uno, por hora. El transporte de los sacos llenos se hace entre los almacenes o depósitos de cemento y los vagones del ferrocarril de modo enteramente automático, por medio de cintas transportadoras.

El carbón necesario para la alimentación de los hornos rotatorios se descarga con el auxilio de una grúa-puente, dotada a su vez de palas o cucharas de servicio automático. La grúa-puente correspondiente sirve, al mismo tiempo, para llenar las carboneras que se encuentran encima de las instalaciones de secadores del carbón y que son de tipo tubular, siendo servidas por vapor. Las ventajas de esas nuevas instalaciones de desecación del carbón consisten en una manipulación sumamente sencilla y en una máxima faciladad de regulación del servicio. Aparte de esas grandes ventajas, el consumo de calor es ínfimo. Las pequeñas cantidades de polvo de carbón aspiradas por las instalaciones de desecación son aprovechadas, nuevamente y por completo, en la instalación de depuración del polvo.

Para la molturación del carbón se instalaron dos molinos tubulares de 3 divisiones cada uno, de 1.55 m. diámetro y 9 m. longitud, que están dotados

de un mecanismo de accionamiento tipo " Centra." El material así molido deja un 10% de residuo al tamiz de 4900 mallas. Unas bombas tipo " Fuller " conducen el carbón en polvo a los diversos puntos de consumo.

Casi todas las máquinas trabajan enteramente separadas. Así se garantiza un alto grado de seguridad del servicio, y una buena fiscalización de toda la instalación. En los casos en que fué conveniente reducir el número de revoluciones de los motores eléctricos, al número respectivo existente en las máquinas correspondientes, se consiguió, sea por medio de dispositivos Krupp de fricción, patente Garrard (fig. 8, pág. 302), sea por medio de engranajes de precisión debidamente encerrados en carters. Los motores de accionamiento de los molinos y de las trituradoras de martillos son para corriente de alta tensión (5,000 volts). En cuanto a los otros motores, son para corriente trifásica de 500 volts.

" Falso fraguado " del cemento Portland.

Por D. K. MEHTA.

(DIRECTOR QUÍMICO DE LA UNITED CEMENT COMPANY OF INDIA.)

En vista del interés que su revista despierta entre los fabricantes de cemento de la India, tal vez interesaría a sus lectores una aportación mía a la discusión empezada en sus columnas con referencia al " falso fraguado " del cemento.

En Abril de 1929 un corresponsal afirmaba que este " falso fraguado " puede ser producido artificialmente en cualquier cemento bien fabricado, elevando suficientemente las temperaturas del molino de acabado, por ejemplo, a 110°C o más, y da como explicación que " la totalidad del yeso se convierte en anhidrita, perdiendo así su solubilidad y velocidad de reacción como retardador." Si esta afirmación correspondiese a la realidad, nosotros en la India siempre, estaríamos produciendo cemento que presentaría dicho " falso fraguado," ya que dudo que ninguna fábrica en la India pueda moler cemento a una temperatura inferior a 110°C sin montar en el molino algún dispositivo enfriador. El que suscribe conoce el caso de un cemento que sale del molino de acabado a una temperatura de 148°C ó más, y que posee un fraguado completamente normal.

La explicación de que la alta temperatura de molturación es la causa del falso fraguado, o del fraguado rápido, como pretende ese corresponsal, y también " C.E.H." en el número de Mayo de 1929, no es del todo convincente, ya que los datos recogidos por el que suscribe en su propia experiencia no la confirman. Si la alta temperatura del cemento en los molinos va acompañada de un fraguado rápido, entonces la causa fundamental debe más bien buscarse en la calidad del clinker, esto es, en las condiciones físicas que influyen en la cocción en el horno, etc. Es muy posible que la alta temperatura sea una causa que contribuya al fraguado rápido en el caso de clinker que, según toda apariencia exterior, parezca estar bien cocido, pero que no haya sido sometido en la zona de clinkerización a la debida temperatura, o que no haya permanecido tiempo suficiente en dicha zona. Sería difícil probar que ésta sea la verdadera explicación, pero el hecho de que el clinker bien cocido, molido a una temperatura de 148° C. o más, no presente fraguado rápido, parece demostrar decisivamente que la alta temperatura no es la causa principal ni del fraguado rápido ni del falso fraguado. El que suscribe tuvo en una ocasión que hacer frente a la dificultad del " fraguado rápido," dificultad que causó muchas preocupaciones y trastorno, y que se remedió

Asano Portland Cement Co., Ltd.—Fábricas en Tokío, Moji, Hokkaido, Kawasaki, Taiwan, Osaka, Nishitama. Capacidad total, 5,700 toneladas al día.

Fábrica de Tokío.—Vía seca. Primeras materias: cal viva y arcilla. Instalación machacadora, dos trituradoras de un solo rodillo, de 61 cm. por 81 cm.; un molino giratorio, de 5.40 m. Molinos de crudo: ocho molinos " double-hard " de 1.8 por 3.5 m.; ocho selectores de 2.8 m. Cuatro hornos rotatorios, de 2.4 m. por 36 m. Un secador de carbón, de 1.8 m. por 18 m.; un molino de carbón. Molinos de acabado: tres molinos compeb de 2.1 m. por 7.3 m. Tres ensacadoras Bates.

Fábrica de Moji.—Vía seca. Primeras materias: caliza, arcilla, " ganister " y escoria. Instalación machacadora: para la arcilla, una trituradora de un solo rodillo, un molino Frett, dos trituradoras de martillo; para la caliza, dos molinos giratorios. Molinos de crudo: cuatro molinos compeb de 2.13 m. por 7.32 m., un molino " double-hard," de 1.78 m. por 3.65 m. Hornos: cuatro hornos rotatorios, de 3.74 m. por 3.05 m., por 60.96 m.; cinco hornos rotatorios de 2.13 m. por 24.38 m. Tres secadores de carbón, de 1.60 m. por 18 m. Dos molinos de carbón, de 2.13 m. por 24.38 m. Molinos de acabado; cinco molinos compeb, de 2.13 m. por 7.32 m.; un molino tubular para escorias, de 1.83 m. por 9.71 m.; un molino " Unidan," de 2.20 m. por 12 m.

Fábrica de Hokkaido.—Vía seca. Primeras materias: caliza y arcilla. instalación machacadora: para la arcilla, una trituradora de martillos, una trituradora de mandibulas; para la caliza, dos molinos giratorios. Molinos del crudo: 17 molinos Fuller, de 1.07 m. Hornos: dos hornos rotatorios de 2 m. por 30 m.; un horno rotatorio de 2.74 m. por 60.9 m. Preparación del combustible: dos secadores de carbón Ruggles Cole, de 1.83 m. por 18.30 m.; cuatro molinos Fuller de 1.07 m. Molinos de acabado: cuatro molinos compeb, de 2.13 m. por 7.33 m. Instalación de envasado: veinte máquinas oscilantes de envasado de barriles; tres ensacadoras " Bates."

Fábrica de Kawasaki.—Vía seca. Primeras materias: caliza y arcilla. Instalación machacadora: para la arcilla, una trituradora de un solo rodillo; dos trituradoras de martillos; cinco trituradoras de doble rodillo; para la

NOTA DEL EDITOR.

EL Editor de " CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE " Internacional invita a los lectores de esta Revista a enviar artículos para su publicación. El original puede estar en español, inglés, francés o alemán, y será traducido a los otros tres idiomas por traductores especialistas.

Se admiten artículos sobre toda clase de ideas o progresos nuevos de fabricación, química o ensayo de cementos, o de asuntos relacionados con el cemento de interés general para su industria. También se desean descripciones y grabados de nuevas fábricas de cemento en todas partes del mundo.

Se invita también a los constructores de maquinaria para la fabricación del cemento a que envíen datos y grabados referentes a las nuevas fábricas instaladas por ellos, y a las nuevas instalaciones de sus propias fábricas.

Todos estos artículos deben dirigirse a: The Editor, " CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, Inglaterra, por correo certificado.

caliza, cinco trituradoras Gates. Molinos del crudo: diez molinos "hard," de 1.73 m. por 3.50 m.; un molino "Unidan," de 2.20 m. por 12 m.; dos molinos compeb, de 2.13 m. por 7.32 m. Hornos: dos hornos rotatorios, de 2.75 m. por 54.86 m.; dos hornos rotatorios, de 2.74 m. por 60.96 m. Preparación del combustible: dos secadores Ruggles-Cole para el carbón, de 1.83 m. por 18.30 m.; siete molinos Fuller, de 1.07 m. Molinos de acabado: un molino compeb, de 1.83 m. por 6.71 m.; cinco molinos compeb, de 2.14 m. por 7.32 m. Sección de envasado: dieciocho máquinas oscilantes de envasado en barriles; cuatro ensacadoras Bates; dos envasadoras rotatorias.

Fábrica de Taiwan.—Vía seca. Primeras materias: caliza y arcilla. Instalación machacadora: para la arcilla, dos molinos giratorios; para la caliza, una trituradora Gates. Molinos de crudo: cuatro molinos "double-hard" de 1.60 m. por 3.50 m. Hornos: un horno rotatorio, de 2.75 m. por 54.35 m. Preparación del combustible: un secador de carbón Ruggles-Cole, de 1.83 m. por 15.24 m. Un molino Fuller, de 1.12 m.; dos molinos Fuller de 61 cm. Molinos de acabado: un molino ballpeb, de 2.13 m., por 5.49 m.; un molino tubular combinado, de 2.13 m. por 7.32 m. Un molino "double-hard," de 1.60 m. por 3.50 m. Sección de envasado: ocho máquinas oscilantes de envasado de barriles; una ensacadora Bates.

Fábrica de Osaka.—Vía seca. Primeras materias: caliza y arcilla. Instalación machacadora: para la arcilla, una trituradora de rodillo doble; para la caliza, una trituradora de mandíbulas. Molinos del crudo: un molino de bolas, de 2.15 m. por 6.70 m. Hornos: dos hornos rotatorios, de 2.25 m. por 38 m. Preparación del combustible: dos secadores rotatorios de carbón; un molino tubular, de 1.50 m. por 6 m. Molinos de acabado: un molino compeb de 2.15 m. por 7.30 m. Sección de envasado: dos envasadoras de barriles; una ensacadora Bates.

Fábrica de Nishitama.—Vía húmeda. Primeras materias: caliza y arcilla. Instalación machacadora: para la arcilla, dos trituradoras de martillos; para la caliza, una triturador McCully. Molinos de crudo: dos molinos tubulares, de 12 m. por 2.20 m. Hornos: dos hornos rotatorios, de 60 m. por 3.15 m. por 3.45 m. Dos secadores de carbón, de 18.60 m. por 1.80 m.; dos molinos tubulares, de 7.20 m. por 1.95 m. Molinos de acabado: 3 molinos tubulares de 12.00 m. por 2.20 m. Sección de envasado: dos ensacadoras Bates.

Chichibu Cement Co., Ltd.—Producción diaria: 1200 toneladas. Vía seca: cuatro juegos; vía húmeda: un juego. Primeras materias: caliza dura y esquisto.

Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha.—Vía húmeda. Primeras materias: fango calizo (sub-producto de la fabricación del sulfato de amonio), y arcilla (extraída de la isla de Amasuka, a 40 millas de distancia de la costa). Instalación machacadora: un molino tubular, de 1.29 m. por 3.96 m.; un molino tubular, de 1.35 m. por 7.62 m. Un horno rotatorio, de 45.75 m. por 2.28 m. Molinos de acabado: dos molinos tubulares combinados, de 1.78 m. por 6.71 m.

Hitachi Cement Co., Ltd.—Producción diaria: 110 toneladas. Vía seca. Primeras materias: caliza y arcilla. Una trituradora de caliza, una trituradora de mandíbulas, una trituradora de arcilla, una trituradora de rodillo. Molinos de crudo: un molino tubular de bolas, en compartimientos, de 1.70 m. por 7.90 m. Horno rotatorio: una de 36.5 m. por 2.43 m. Trituradora de carbón: un molino tubular de bolas, de 13.70 m. por 4.55 m. Molino de acabado: un molino "edge-runner" de 2.43 m.; un molino tubular de bolas, en compartimientos, de 1.70 m. por 7.90 m.; un molino de bolas tubular, en compartimientos, de 2.25 m. por 9.45 m., que se está construyendo.

Hokoku Cement Co., Ltd.—Producción diaria: 1,100 toneladas. Vía seca. Primeras materias: arcilla, caliza, pirita tostada o escoria de cobre. Hornos: fábrica de Moji, cuatro juegos. Fábrica de Nagoya, dos juegos. Fábrica de Saga, dos juegos. Tratamiento del combustible: máquinas secadoras de carbón: fábrica de Moji, tres; fábrica de Nagoya, dos; fábrica de Saga, una. Máquinas molturadoras de carbón: fábrica de Moji, cuatro; fábrica de Nagoya, cuatro; fábrica de Saga, una.

Iwaki Cement Co., Ltd.—Producción anual: 450,000 toneladas.

Mikawa (Portland) Cement Co., Ltd.—Producción diaria: 110 toneladas. Vía seca. Primeras materias: caliza y arcilla.

Nanao Cement Co., Ltd.—Producción diaria: 540 toneladas. Vía húmeda. Primeras materias: arenisca calcárea y tierra de infusorios y arcilla aluminosa. Instalacción machacadora: una trituradora "Titan" para la arenisca; una trituradora "Titan" para la calcita. Molinos de crudo: dos molinos "Solo" de 12 m. por 2.2 m. Hornos: dos hornos "Solo" de 70 m. Preparación del combustible: una instalación especialmente proyectada de desecación y pulverización del carbón, con dos tambores secadores y dos molinos "Solo." Molinos de acabado: dos molinos "Solo" de 13 m. por 2.2 m. Envasadora: una ensacadora Bates; tres envasadoras "Exilor."

Nippon Cement Co., Ltd.—Producción diaria: 950 toneladas. Vía seca. Primeras materias: caliza y arcilla. Instalación machadora, para la caliza: una trituradora McCully de 6.0 m.; una trituradora McCully No. 8; una trituradora de martillos, de 91.3 cm. por 1.22 m.; para la arcilla, una trituradora de un solo rodillo, de 61 cm. por 81 cm.; dos trituradoras de martillos. Molinos de crudo: dos molinos compeb de 2.15 m. por 7.90 m.; dos molinos combinados tubulares, de 2.15 m. por 7.30 m.; cuatro separadores, de 4.25 m. de diámetro. Hornos rotatorios: dos de 2.42 m. por 38 m.; dos de 2.20 m. por 38 m.; dos de 3.05 m. por 50 m. Preparación del combustible: un secador de carbón, de 1.50 m. por 15 m.; un secador de carbón, de doble cubierta, de 2 m. por 13.70 m.; dos molinos tubulares, de 1.50 m.

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

INTERNACIONAL

(El cemento y su fabricación).

Tarifas de subscripción.

A CAUSA del considerable aumento en el coste de la publicación de "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE" en su nueva forma, ha sido necessario aumentar su precio a 2 chelines el ejemplar. La tarifa de subscripción anual (incluyendo gastos de correo a cualquier punto del mundo) es de 24 chelines. Los actuales subscriptores que figuran en nuestra lista de subscripciones pagadas por adelantado continuarán recibiendo los ejemplares a la tarifa antigua hasta la expiración de su actual subscripción.

Las subscripciones anuales deben enviarse a "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE," 20, Dartmouth Street, London, S.W.1, Inglaterra, y a su recibo se enviará regularmente un ejemplar cada mes por toda la duración de la subscripción.

por 6.70 m. Un molino tubular combinado, de 1.83 m. por 5.50 m. Molinos de acabado: dos molinos compeb de 2.15 m. por 7.90 m.; dos molinos tubulares combinados, de 2.15 m. por 7.90 m.; dos separadores, de 4.25 m. de diámetro. Envasadora: dos ensacadoras Bates; seis máquinas envasadoras en barriles.

Nippon Chisso Hiryo Kabushiki Kaisha.—Producción diaria: 120 toneladas. Vía semi-húmeda. Primeras materias: hidróxido cálcico, arcilla, "ganister" y pirita tostada. Machacadora: dos machacadoras de residuos; una machacadora de rodillo. Molinos de crudo: dos hornos rotatorios; dos molinos combinados tubulares; un secador de arcilla; tres molinos tubulares. Preparación del combustible: cuatro pulverizadores de carbón; un secador de carbón. Molinos de acabado: cuatro molinos tubulares para cemento. Dos máquinas envasadoras.

Oita Cement Co., Ltd.—Producción anual: 515,000 toneladas. Vía seca. Primeras materias: caliza, arcilla, arcilla silícea y piedra de yeso. Secadores: seis secadores rotatorios de arcilla. Instalación machacadora: seis trituradoras Gates. Molinos de crudo: cuatro molinos Compeb; un molino de compartimientos; dos molinos tubulares. Hornos rotatorios: ocho juegos. Preparación del combustible: cuatro secadores rotatorios; cinco trituradoras. Molinos de acabado; cuatro molinos compeb; un molino tubular combinado; dos molinos tubulares. Envasadora: veinte máquinas envasadoras de barriles; once ensacadoras, una ensacadora Bates.

Onoda Cement Co., Ltd.—Producción anual: 1,050,000 toneladas.

Osaka Yogyo Cement Co., Ltd.—Producción diaria, 860 toneladas. Vía seca. Primeras materias: caliza dura, esquisto, alumita y desechos de la fabricación del alumbre. Instalación machacadora: para la caliza, dos machacadoras de mandíbulas, de 1 m. por 76 cm.; dos molinos de martillos, de 1.22 m. por 81 cm.; para el esquisto, una trituradora de rodillos de 17 m. por 46 cm.; trituradoras y molinos de crudo en la fábrica: una trituradora de mandíbulas, de 76 cm. por 1 m.; dos molinos de martillos, de 1.22 m. por 81 cm.; dos secadores de arcilla y piedra, de 2.42 m. por 21.50 m.; un molino de compartimientos para la molturación primaria de la arcilla, de 1.83 m. por 6.40 m.; dos molinos de compartimientos para la molturación primaria de la piedra, de 2.15 m. por 7.90 m.; un molino mezclador y de acabado, de 2.15 m. por 7.90 m.; un molino de compartimientos para la molturación de las primeras materias por via húmeda, de 2.15 m. por 7.90 m.; un molino de segunda molturación por vía húmeda, de 1.38 m. por 6.70 m.; cuatro selectores de 4.25 m. Hornos rotatorios: dos hornos de 3.05 m. por 3.35 m. por 61 m.; uno de 3.05 m. por 3.50 m. por 65 m.; dos enfriadores rotatorios, de 2.75 m. por 15 m. Preparación del combustible: dos secadores de doble cubierta, de 1.83 m. por 18.30 m.; dos molinos de compartimientos, de 1.83 m. por 6.40 m.; molinos de acabado: cuatro molinos de compartimientos, de 2.15 m. por 7.90 m., con selectores de aire de 4.25 m. Sección de envasado: veinticuatro envasadoras vibradoras para barriles; cuatro ensacadoras Bates de dos tubos.

Toa Cement Co., Ltd.—Producción anual: 120,000 toneladas. Primeras materias: caliza y arcilla. Instalación machacadora, para la caliza: una trituradora giratoria, una trituradora jumbo; para la arcilla: una trituradora de un rodillo de 61 cm. por 91.3 cm.; un secador, de 1.83 m. por 18.30 m. Para la caliza y arcilla mezcladas: un molino compeb de 2.15 m. por 7.30 m. Hornos: un horno rotatorio de 3.05 m. por 50 m. Preparación del combustible: un secador Ruggles-Cole, de 1.22 m. por 6.10 m.; dos molinos Fuller, de 10 m.;

un molino tubular, de 1.50 por 4.57 m. Molinos de acabado: un molino compeb, de 2.15 m. por 7.90 m. Sección de envasado: diez envasadoras de barriles; una ensacadora Bates de cuatro tubos.

Ube Cement Manufacturing Co., Ltd.—Producción diaria: 520 toneladas, por la vía seca; 550 toneladas, por la vía húmeda. Primeras materias: caliza dura, esquisto, " gánister " (arcilla muy silícea), pirita de hierro, piedra de yeso. Instalación machacadora: una trituradora de 61 cm. por 1.50 m. Molinos de crudo: para la vía seca: tres molinos compeb de 2.1 m. por 7.3 m.; para la vía húmeda: dos molinos tubulares de accionamiento central, de 2.2 m. por 13 m. Hornos rotatorios: para la vía seca: dos hornos de 3 m. por 50 m., 75 C.V.; vía húmeda: dos hornos rotatorios de 3.45 m., por 2.70 m., por 95.8 m. Molinos de acabado: un molino compeb, de 2.1 m. por 7.3 m., con motor sincrónico de 450 C.V.; dos molinos tubulares de accionamiento central, de 2.1 m. por 7.9 m., con motores de inducción de 500 C.V. Envasadora: dos ensacadoras Bates de cuatro tubos; quince máquinas envasadoras de barriles.

Bienestar de los obreros en las fábricas de cemento.

UNA sección del Gobierno Británico ha dado aviso de que se propone extender un decreto aplicable a todas las fábricas y talleres en que se realiza la fabricación del cemento Portland, o de cemento de un carácter similar.

Dicha Propuesta de Decreto dice lo siguiente:—

(1) El patrono suministrará y mantendrá en buenas condiciones: (*a*) Botas impermeables altas para las personas empleadas en los procesos que requieran la inmersión de los pies en la pasta, barro o agua; (*b*) anteojos de protección para las personas expuestas en alto grado al polvo de carbón o cemento; (*c*) capas o abrigos impermeables adecuados para las personas que hayan de trabajar constantemente a la intemperie durante las épocas lluviosas; (*d*) guardapolvos y cubre-cabezas convenientes para los empleados femeninos que hayan de trabajar en la limpieza o reparación de sacos.

(2) El patrono suministrará y mantendrá, para el uso de todas las personas empleadas en la limpieza o reparación de sacos, un local adecuado para guardar las ropas durante las horas de trabajo. Este local se acondicionará debidamente por lo que respecta a la seguridad, y se mantendrá limpio.

(3) El patrono suministrará facilidades para que todos los obreros femeninos que hayan de trabajar de pie tengan donde sentarse, de modo que puedan aprovechar todas las oportunidades que se les presenten para descansar, en el curso de su trabajo.

(4) El patrono suministrará y mantendrá, para el uso de todos los trabajadores, excepto aquéllos empleados en procesos continuos, una sala de descanso apropiada y adecuada, que estará provista de: (*a*) mesas y sillas o bancos suficientes; (*b*) medios, adecuados para calentar comida y hervir agua. Esta sala de descanso estará suficientemente caldeada cuando tenga que utilizarse a las horas de las comidas. Dicha sala de descanso estará bajo la vigilancia de una persona de responsabilidad, y se mantendrá limpia.

(5) El patrono suministrará y conservará en los talleres, para uso de todos los empleados, dependencias adecuadas para lavarse, de acceso cómodo, en que haya un número suficiente de palanganas y agua limpia. Estas dependencias estarán bajo la vigilancia de una persona de responsabilidad, y se mantendrán en buen estado de limpieza.

666.05
CEMA

UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY-CHEMISTRY

VOLUME 3. NUMBER 3. MARCH 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
THE INTERNATIONAL FOUR-LANGUAGE CEMENT JOURNAL
MANAGING EDITOR: H. L. CHILDE. CONSULTING TECHNICAL EDITOR: S. G. S. PANISSET.

ENGLISH SECTION

PUBLISHED BY CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Published on the 20th of each Month. Price 2s. a copy. Annual Subscription 24s. post free.

PARTIE FRANÇAISE .. .. .. PAGE 445
DEUTSCHER TEIL .. .. SEITE 477
SECCIÓN ESPAÑOL .. .. .. PÁG 509

Power Transmission for Cement Works.

By W. GOODYEAR, M.I.Mech.E.

THE manufacture of Portland cement absorbs a large amount of power, the consumption varying between about 60 and 120 K.W. hours per ton manufactured; the actual amount, however, depends chiefly on the nature of the raw material and the fineness of the finished product. Higher figures, even up to 160 K.W. hours per ton, have been recorded, but these are unusual.

A large proportion of the power is absorbed in grinding the raw materials and the finished product, but the consumption in other units is continually growing owing to the introduction of labour-saving appliances. Cheap electrical power is now available in most places, and this, with the introduction of unit driving by electric motors, increases the tendency to use electricity. These factors also tend to eliminate purely mechanical transmission, by coupling the motors more or less directly to the various machines; as, however, only fans and similar high-speed machines can be connected to the motor direct without the use of reduction or transmission gear, the subject of this paper is of considerable interest.

When manufacturing plants were small, say, 1,000 tons per works per week, it was usual to group all the power absorbing units around two or three power-producing units; this method led to compact plants and fairly efficient transmission. With the advent of electrical power, transmission became simpler, better facilities were provided for spreading out the plant and in obtaining

better grouping or better arrangement. Under electrical conditions transmission became more easily arranged and at the same time works became larger.

With slow-speed engines of the horizontal type a mechanical efficiency of 90 per cent. or 92 per cent. at full power was obtained, the main drive being effected generally by ropes from the flywheel to a pulley on the mill shaft. With high-speed engines of the vertical type and having forced lubrication, a mechanical efficiency of 92 per cent. to 93 per cent. at full power was obtained, but it did not prove so easy to transfer power from the high-speed shaft to a low-speed mill shaft.

The usual method of transmitting power in any industry is by rope, belt, chain, gear, or electricity. With very few exceptions a rope, belt, chain, or gear drive is required for every unit. Under some conditions and in special cases, however, direct electrical drives are possible.

Ropes and belts generally operate at a high speed. They form an elastic driving element, but can only be used satisfactorily for driving machines which require a constant torque; if the torque is not constant the machines should be fitted with a fly-wheel or something which produces a fly-wheel effect. A rope or belt is not suitable for a choppy or rapidly changing load without fly-wheel or its equivalent.

Rope Drives.

Ropes for transmitting power should be of cotton. Hemp and manilla are sometimes used in emergency, but for long life and smooth running their value is considerably less than that of cotton. Cotton ropes are made of either three or four strands, with or without a tension strand, and although both kinds have their staunch supporters it is not unlikely that either kind applied in the same way, operated under the same conditions, and with the same standard of upkeep would give a similar working life and prove equally economic.

To secure reasonable operating conditions a certain minimum ratio should exist between the diameter of the rope and the diameter of the pulley upon which it works; most rope makers standardise upon a figure of 30 (i.e., the pulley diameter is thirty times the rope diameter) as suitable. Experience indicates, however, that this ratio can be reduced a few points in the case of small-diameter ropes and increased a few points with advantage in the case of large-diameter ropes. That is to say, a rope ½ in. diameter will work equally well on a pulley 13 in. or 14 in. in diameter instead of 15 in. diameter, but a rope 2 in. in diameter will give better service when running on a pulley, say, 65 in. or 70 in. in diameter instead of the standard figure of 60 in.

The most usual, and probably the most economic, rope speed is 4,500 to 5,000 ft. per minute. If both pulleys are large the figure can be safely increased to 6,000 ft. or even 6,500 ft. per minute. Conditions, however, must be good for the ropes to run well at this speed. When ropes operating at high speed run on small-diameter pulleys, the centrifugal action of the rope as it engages with the smaller pulley so reduces the arc of contact that slippage and abnormal wear will result; it may even prove impossible for the designed power to be transmitted without keeping the ropes abnormally tight. Whenever possible the tight (driving) side of the rope should be arranged at the bottom, so that any slackness due to stretching will increase the arc of contact. If the slack side is on the bottom the arc of contact would be decreased.

The shape of the grooves in the pulleys and the effective diameter of the different grooves are very important factors in the life of a driving rope. If the grooves are exactly the same shape, the rope will gradually become moulded to

that shape. If the shape of the grooves on one pulley is different from those on the other, the ropes will have to be remoulded every time they engage with each pulley. Too great importance cannot be attached to the machining of the grooves of rope pulleys.

The power-carrying capacity of ropes for a velocity of 4,800 ft. per minute is given in Table 1. At any speed lower than 4,800 ft. per minute the power-carrying capacity will be reduced in the same ratio. At slightly higher speeds the power-carrying capacity of any rope may probably fall off at a slightly increased rate; it will probably fall off rapidly at velocities of 6,000 ft. to 6,500 ft. per minute. The rate of falling off will be determined principally by the diameter of the smallest pulley.

Table No. 1.

Power transmitting capacity of Cotton Ropes having a velocity of 4,800 ft. per minute.

Diameter of rope (ins.)	½	¾	1	1¼	1½	1¾	2	2¼	2½
Horse power per rope...	4.0	8.8	15.5	24.0	35	47	62	80	95

Rope driving is a very convenient and efficient method of power transmission from one shaft to another through large-diameter wheels at relatively low shaft speeds. As it is not practicable to cross ropes, both shafts will rotate in the same direction.

The centre distance of the two shafts is often a matter of convenience or determined by site conditions. If the centre distance is short atmospheric conditions may prove too searching for the rope, and a damp atmosphere may cause excessive shrinkage with permanent damage. If, on the other hand, the centres are too long, deterioration may be caused by excessive sag; furthermore, the ropes may tend to swing and combs will become necessary. A good practical dimension for shaft centres would be 2½ times the added diameter of the two pulleys.

There is no practical limit to the amount of power that may be transmitted by a set of ropes. It is easily possible efficiently to transmit very large powers by this method; the running would be sweet, the velocity ratio practically constant, and wear and tear low. An examination of available data indicates that it is possible to transmit considerably more power per inch of width of pulley with large-diameter ropes than with small-diameter ropes. With main pulleys 8 ft. wide and a rope speed of 4,800 ft. per minute it would be possible under some conditions to transmit 2,000 H.P. when using 2-in. ropes, but it would only be possible in the same width and under similar conditions to transmit 1,000 H.P. when using 1-in. diameter ropes.

The limitation of rope speed and a ratio of 30 to 1 for pulley diameter to rope diameter automatically determines the highest speed at which any rope-driven shaft may run. With rope diameters of 1 in. and 2 in. the highest speeds become 305 and 155 revolutions per minute respectively. This principle has been amplified and scheduled for all usual sizes of rope in Table No. 2.

Table No. 2.

Diameter of rope (ins.) ...	½	¾	1	1¼	1½	1¾	2	2¼	2½
Shaft speed, R.P.M. (highest)	610	420	305	245	205	178	155	135	120

Belt Drives.

Passing to belt driving it may be said at the outset that belt driving generally takes a place secondary to rope driving. It is true main drives are occasionally

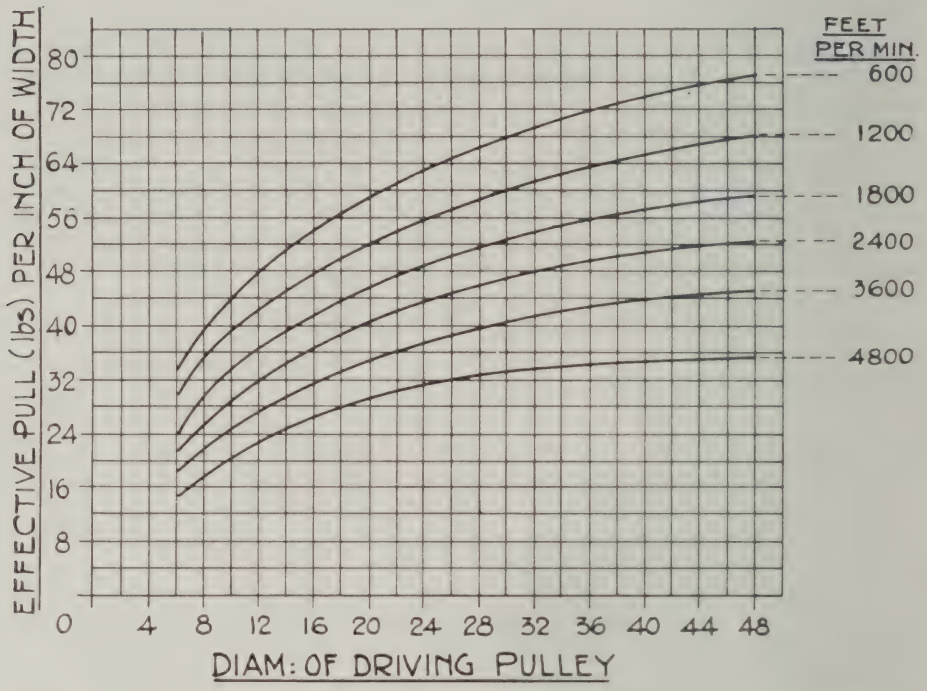


DIAGRAM SHOWING HOW THE RATE OF TRANSMISSION FALLS OFF AS THE DIAMETER OF THE PULLEYS IS REDUCED.

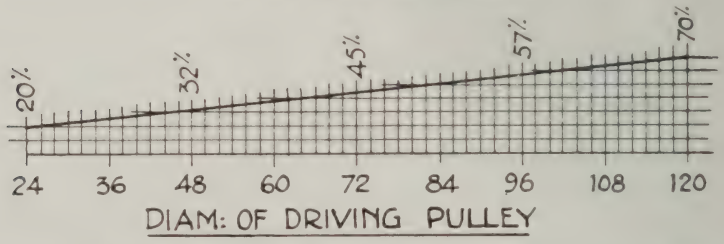


DIAGRAM ILLUSTRATING THE INCREASED CAPACITY OF DOUBLE BELTS.

Fig. 1.

effected by belts, but this is the exception rather than the rule. Steel bands are also used occasionally for main drives, but this method has so far not been widely adopted. Belts or bands are a very convenient and useful means for use for simple or secondary drives; where the amount of power is small a belt drive can be arranged cheaply. Many of the rules used in connection with rope drives can with advantage be used for belts also.

Taking speed first, 4,000 to 4,500 ft. per minute is a very economic speed and entirely suitable for main drives providing the diameter of the pulleys is large and the centrifugal force of the belt small. In the case of secondary drives the speed can with advantage be kept down to 2,000 or 2,500 ft. per minute, and for less important drives it can be kept lower still; in cases where speed changing by hand is necessary the speed must be kept very low.

In considering the thickness of belts, the ratio of belt thickness in relation to the diameter of the pulley over which it passes is as important a factor as in the case of rope drives. The factor in the case of ropes and their pulleys has already been given at about 1 to 30; in the case of belts a factor of 1 to 40 or even 48 would be a better figure.

In designing a belt drive the factors should be considered in the following sequence: (1) Power to be transmitted; (2) maximum economic or convenient speed; (3) area of cross section of belt; (4) width of belt in relation to the thickness, and this in turn must be considered in relation to pulley diameter and whether the belt may have to run open or crossed.

The size of the smallest pulley in a belt drive has an important effect on the amount of power that can be transmitted by it. The pulley diameter might be so small and the belt speed so high that the belt might barely touch the pulley

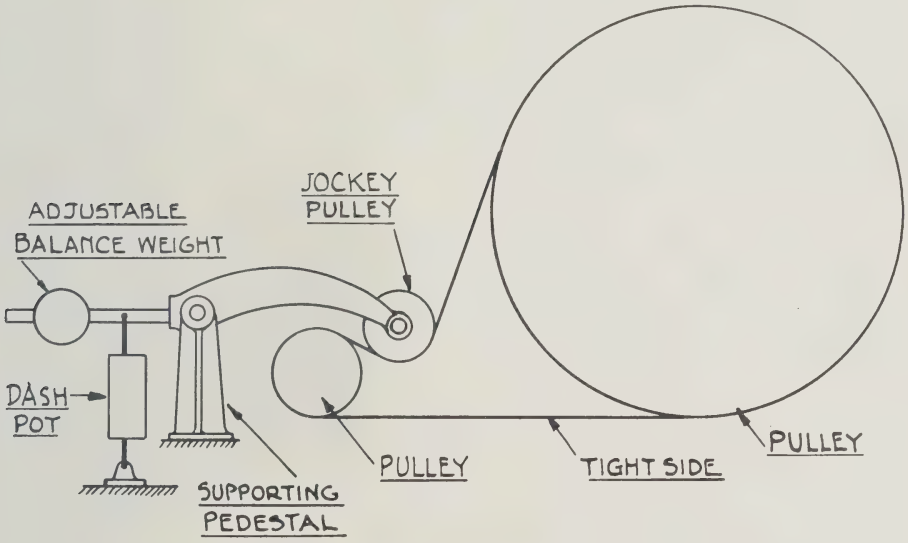


Fig. 2.—Diagrammatic arrangement of "Lennix" Drive.

in passing round it. The curve in Fig. 1 has been drawn to indicate the importance of the pulley diameter in relation to power transmission; the information given has been checked with data of many drives, and may be relied upon.

The efficiency of a rope drive may be as high as 98 per cent. providing all the conditions—rope speed in relation to the diameter of the smallest pulley; bearing centres; rope tightness; shape of grooves; rope stress; etc.—are favourable. The amount the efficiency falls lower than 98 per cent. will depend upon the influence exerted by each of these factors.

The efficiency of a belt drive will depend upon (1) the thickness of the belt in relation to the diameter of the smallest pulley; (2) belt speed in relation to the diameter of the smallest pulley; (3) the arc of contact of the belt on the smallest pulley; (4) the total pull on the two sides of the belt; and (5) the condition of the engaging surface. The highest efficiency may possibly be 98 per cent.; no

figure can be put forward for the lowest efficiency. The dusty atmosphere of most cement works frequently makes it very difficult to maintain a good belt surface.

Reference may be made at this point to the Lennix (belt) drive. A diagrammatic arrangement of this drive is shown in Fig. 2. In the Lennix drive the natural arc of contact of the belt with the smallest pulley is increased by the application of a jockey pulley to the slack side of the belt as it enters or leaves the driving or driven pulley, whichever is the smaller. The effective weight of, or pressure exerted by, this jockey pulley can be so located that the belt pressure on the driving pulley and the driving tension will automatically respond to any variation of pull or of the power transmitted. This automatic characteristic, other things being suitable, should result in high efficiency. No actual figures, however, are put forward. The Lennix drive enables belt drives to be successfully applied to pulleys operating at very close centres and having considerable difference in diameter. A velocity ratio of 8 to 1, or even 10 to 1 at very close centres, is practicable by means of the Lennix drive, a characteristic which makes this particular form of drive of considerable value under many conditions.

The pull on bearings resulting from any belt drive will be similar to, but possibly greater than, that resulting from a rope drive, and the design and proportions of bearings should provide accordingly. In addition to the net pull required for power transmission, additional pressure will be necessary in the case of a belt to prevent slipping.

Chain Drives.

Chain driving is becoming more generally used in recent practice, and it need hardly be said that the main factors in connection with chain driving are the opposite to those in rope and belt driving. In rope and belt driving we have comparatively light ropes or bands transmitting small forces at a very high rate of speed; in chain driving we have heavy chains transmitting large forces at a relatively low rate of speed. Thus experience gained in the one type of drive will in no way help in laying out another, as a different set of principles is involved.

There are two principal types of chain drive. One, the old rough type, with large pitch chain, as adopted for conveyor chains, elevator chains and similar duties, the links of which are usually of cast iron (malleable), and the made up chain engages with sprocket wheels of cast iron (with chilled teeth) or manganese steel. This type of chain has served, and probably will still serve, a good purpose. The speed, however, and the pulling force must be kept relatively low. Makers' lists usually assign a maximum speed of 1,000 to 1,200 ft. per minute for chains of this class, but the conditions must be very good for chains to run at this speed. The effective pull must be kept reasonably uniform, and there must be no serious snatching and no risk of obstruction; if such occurs the chain will probably break. This type of chain is very convenient and serves many good purposes, but it can hardly be regarded as a power transmitting element for large powers.

The other type of chain is of better design altogether; the construction is entirely different, the pitch is much smaller and uniform, it is constructed with accuracy and precision, and is really a high-class job; the teeth of the wheels with which the chain engages are also machine-cut within fine limits of accuracy. This chain is suitable for transmitting large powers at relatively high speeds of rotation; providing the conditions are good it may be run up to 2,000 ft. per minute and even higher under selected conditions.

This type of chain is being used for very many purposes in the machine-tool and woodworking industries; under some conditions several sets are enclosed in the same gear-box for obtaining variable-speed drives, etc. In the cement industry chains of this type may be used as a speeding-up element from a slow-speed shaft to a higher or from a high-speed shaft to a lower. The drive can be applied to any pair of shafts at close centres; the centres may even be so close that the tips of the teeth only just clear each other. The shaft supports should be very rigid; the bearings should be close to the wheels; the chain and wheels should, if at all possible, be enclosed in an oil-tight case, and a reliable system of lubrication applied.

Spur Gear.

Power transmission by means of spur gear is also in general use. It is one of the oldest forms of transmission, and the driving of elevators, conveyors, all kinds of mills, driers, kilns, coolers, etc., is usually effected by this type of gear. Originally spur gears were cast from complete patterns, or moulded from a part pattern, by means of a moulding machine, but both methods have their drawbacks and these drawbacks impose a limitation to the amount of power that can be transmitted or the speed at which the wheels can be run.

To obtain higher operating speeds and quieter running under some conditions and for some duties, one wheel, usually of cast iron, having "dressed-up" teeth engages with wooden teeth (mortise teeth) in the other wheel. Pairs of wheels of this class could be made to transmit up to 100 H.P.; the pitch-line velocity could be kept high but the tooth pressure had to be kept down; the wooden teeth, however, had frequently to be renewed. The advantage of this type of gear was quiet running and the reduced importance of lubrication.

Subsequently cast-steel gear, pattern moulded and machine moulded, was introduced. Gear wheels made of this metal rarely broke, but frequently wore rapidly owing to poor lubrication; they were also very noisy. A great improvement was effected when machine-cut teeth were introduced.

Owing to inaccuracies in pitch it is not practicable to run pattern-moulded or machine-moulded cast-iron gears at a velocity greater than 1,700 or 1,800 ft. per minute, and even under these conditions it might prove necessary to keep the tooth pressure low. If the speed or pressure is too high the impact brought about by inaccuracy will result in broken teeth; if cast iron were replaced by cast steel, breakage will be eliminated but noise will be increased. Noise may not be seriously objectionable, but noise is an indication of impact, acceleration and deceleration with excessive wear, and as such should be reduced or eliminated entirely. Every possible care should be taken to obtain accuracy of pitch.

An immense improvement in operating conditions was brought about with the introduction of machine-cut teeth. This improvement made higher speeds and higher tooth-pressure possible; it produced quieter running and enabled efficient lubrication to be successfully applied. The improved conditions called for better installation work and demanded a higher standard of maintenance. The cost of installation is necessarily higher, but more power can be transmitted, the working life is longer and the economic return greater.

Typical but actual figures obtained from an old but very popular type of mill driven by cast-iron machine-moulded or pattern-moulded gear are given below, and compared with similar figures from a comparatively new type of mill driven by machine-cut steel gear, indicate the progress made and what is possible in gear design and operation. The old mill was driven by a cast-iron

spur rim having 100 teeth 2.85-in. pitch, 10-in. face, rotated at 26 r.p.m., and absorbed 100 brake horse power. The pitch-line velocity was 620 ft. per minute, and the tooth pressure 530 lbs. per inch of width. The new mill is driven by a cast-steel wheel having 139 teeth, 3.45-in. pitch, 12.5-in. face; it rotates at 24.5 r.p.m. and absorbs 750 B.H.P. The pitch-line velocity is nearly 1,000 ft. per minute, and the tooth pressure nearly 2,000 lbs. per inch of width. The former gear was of the open type and lubricated occasionally with grease; the other gear is totally enclosed and runs in an oil bath. The life of the latter gear promises to be very considerably greater than that of the former, although the conditions of pressure and speed are more severe.

Kiln Driving Gears.

Special reference may be made to kiln driving gears. These gears are invariably of cast steel; the tooth pressure in the early pairs is reasonably low, but in the last pair it may be as high as 4,000 to 5,000 lb. per in. of width; the velocity of the latter is very low. These gears are usually pattern-moulded or machine-moulded, and three or four pairs are usually employed. Accepting a figure of 87½ per cent. for the efficiency of each pair of gears, the possible efficiency of each gear with shaft will be, say, 85 per cent., and the overall efficiency of the drive, say, 50 per cent. (the efficiency will be higher when the gears get a good face and only a small amount of wear has taken place). If machine-cut gears were initially installed the comparative figures would possibly be 97 per cent., 94½ per cent., and 79 per cent. respectively.

Driving by Electrical Power.

Driving by electrical power is becoming general, and the practice of power distribution is entering upon an entirely different phase. Originally the manufacturing units were grouped around the power-producing unit, often to the disadvantage of the former; electric driving enables the manufacturing units to be placed in the best positions for their respective duties.

With the purchase of electrical power in bulk, alternating current is being more generally used and the type of motor needs more careful selection. It may be stated that high-torque squirrel-cage machines are becoming very popular for sizes up to 20 H.P. provided the starting-up current is not too heavy for the source of supply. Slip-ring machines are being installed for larger sizes, and when the starting-up torque and speed must be kept under control. Under direct current conditions speed and control are much more easily obtainable; there are, however, possible objections to the use of direct current machines.

Electric motors are generally high-speed units, and in most cases it is necessary to interpose a reducer of some kind between the motor and the driven unit. If the reduction is small, say up to 6 to 1, a spur reduction gear may be used; if the reduction is, say, 10 to 1 up to 30 to 1, a double-spur reduction or a worm-reduction unit must be used. These reduction units are convenient and easily installed, they can be placed in any desired position, and their controls may be grouped (remote from the motor) at any desired point.

Under some conditions it may prove desirable to couple the motor direct, through the medium of a flexible coupling, to the unit it drives; when this is done a high-speed unit may be used for fans, blowers, centrifugal pumps, etc. Slower or slow-speed motors may also be coupled in the same way to the countershaft of ball mills, tube mills, etc., and so cut out one separate gear altogether; it should, however, be mentioned that the efficiency of a slow-speed

motor will be lower than that of a high-speed machine and that the power factor will be considerably lower. If the motor is of considerable size, and the operating conditions warrant it, the machine should be of the auto-synchronous type capable of raising the power factor to any desired figure.

Another method would be to adopt a geared motor (a high-speed motor fitted with single, double or even triple reduction gear within its own casing) with the slow-speed shaft operating at the desired speed. These units are becoming very popular on the Continent. The working parts of the gear are made of alloy steel, hardened and ground; the bearings are of the ball and roller type; the unit as a whole is a high-class job and operates with an overall efficiency (electrical and mechanical) of 90 per cent. to 92 per cent. and a speed reduction of from 1,500 r.p.m. to any desired figure down to 20 r.p.m.

Generally.

With the choice of these alternatives a natural question to ask is, " Which is likely to prove the best or most efficient? " Site conditions or the duty usually determine the type of drive or gear to be adopted, though selection is sometimes possible. Efficiency must not be lost sight of; too much importance, however, should not be attached to obtaining a high figure, for high efficiency does not always prove economic. The efficiency of rope drives and belt drives has been considered, and it appears possible to obtain a figure as high as 98 per cent. under full power with good running and favourable conditions.

In considering the possibility of chain drives a line must be drawn between high-class drives and rough drives. Drives effected by high-class precision chains engaging with machine-cut totally-enclosed teeth, bath lubricated, would have an efficiency of the same order as that of a single pair of machine-cut spur gears, say, 98 per cent. On the other hand, the efficiency of a malleable-iron link-chain engaging with the rough-surface teeth of a cast-iron wheel would be very low, especially when new; the latter chain is simply an element of convenience rather than a power transmitter. The efficiency of a spur-gear drive may be very high or very low, depending upon the profile of the teeth, the uniformity of tooth pitch, smoothness of engaging surface, the unit pressure on the teeth, and efficiency of lubrication. A high-class, totally-enclosed bath-lubricated gear, with a velocity ratio of, say, 5 to 1, operating under good general conditions, will have an efficiency of 98 to 98.5 per cent. A double-reduction or triple-reduction totally-enclosed gear of the same class will under best conditions have an efficiency of 96.5 to 97.5 per cent. and 95 per cent. to 96 per cent. respectively.

On the other hand, the efficiency of rough-surface pattern-moulded gear and machine-moulded gear would be very low, probably as low as 85 per cent. to 90 per cent.; the efficiency of badly worn and heavily shouldered gear would be of the same order; under worst conditions it might be as low as 80 per cent. or even 75 per cent.

The efficiency of totally-enclosed gear-box type bevel gear may be of the order of 95 per cent. (no figures are available), but the efficiency of bevel gear as usually applied will invariably be low. Bevel-gear drives should be avoided whenever possible.

The efficiency of a worm-reduction gear will depend principally upon the velocity ratio (lead angle). If the velocity ratio is of the order of $7\frac{1}{2}$ to 1, the efficiency would be 93 per cent. to 94 per cent.; when it becomes 30 to 1 the efficiency would be as low as 85 per cent. A graph showing the rate of falling

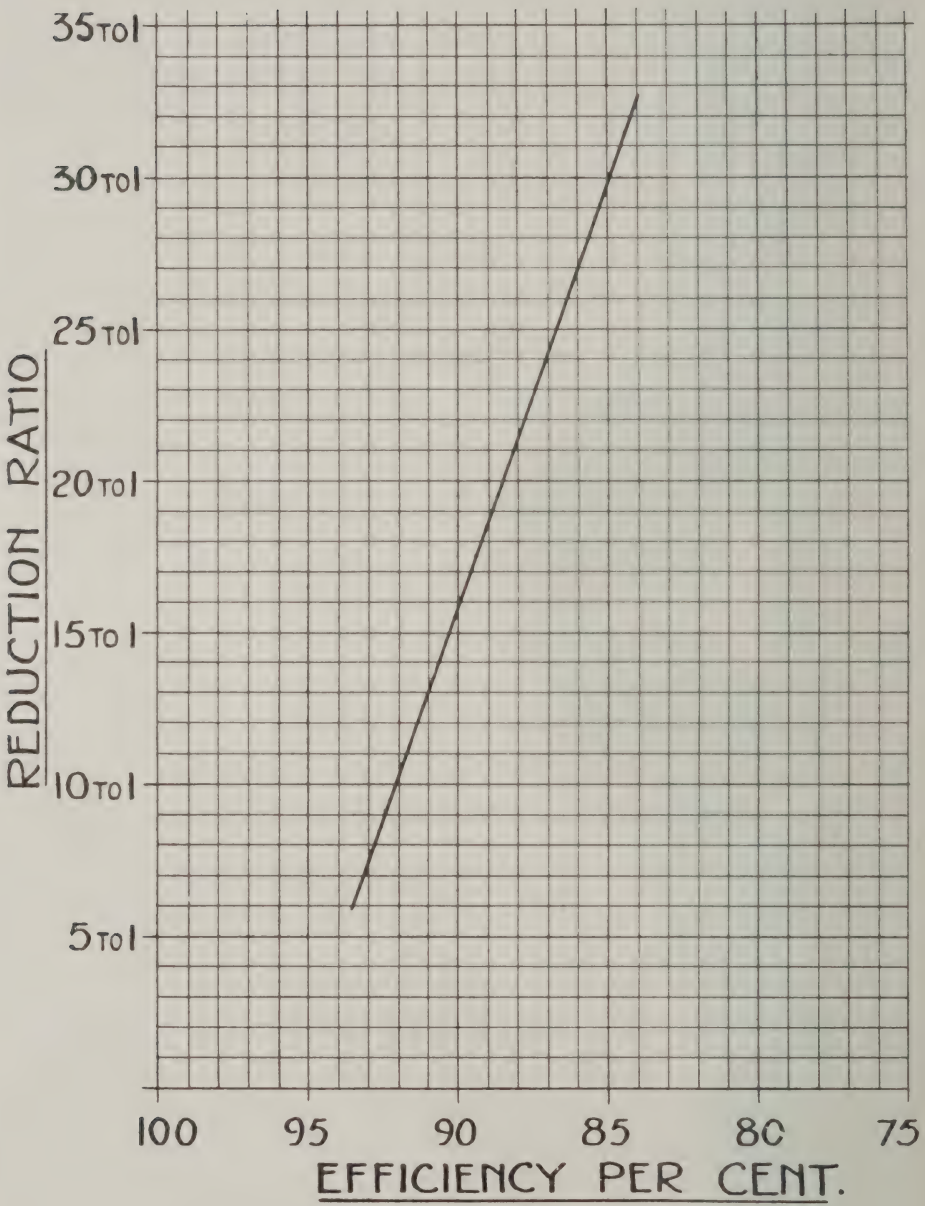


Fig. 3.—Efficiency of worm Reduction Gears.

off of efficiency of high-class worm reduction gears is given in Fig. 3. The great advantage of the worm gear is its large speed-reduction capacity and quiet running.

Variable-speed gear should also be referred to; this gear is frequently required for kiln speed, coal feed, slurry feed, extraction gears, mill feeds, etc., and for various other specific duties. There appears to be no variable-speed gear mechanically sound and of reasonable efficiency suitable for heavy duty; there are some types of small gear of, say, 20 to 25 H.P., but the controls generally are not suitable for remote application.

When direct current is available it is easily possible to obtain all reasonable speeds within the limits imposed by a maximum upper motor speed and a minimum lower motor speed. The element for obtaining this variation can also be positioned at any convenient spot remote from the motor. When alternating current is used it is necessary to adopt either a two-speed motor or a commutator-type motor. Some manufacturing units can be driven conveniently by a two-speed machine, but two speeds do not by any means satisfy all operating conditions. The commutator type alternating current motor provides a considerable range of speed variation, but up to the present it is a very costly machine; so much so that it is hardly economic. With this machine, speed variation is obtained by changing the brush position; it is possible to make this change from a remote position. This same type of machine is also used for obtaining permanent speeds widely different from synchronous speeds; in this, however, the brushes are adjusted to obtain the desired speed and then permanently fixed. A valuable principle regarding variable speed gears is: Do not attempt to do mechanically what can be effected electrically.

Summary.

An abbreviated summary of the foregoing notes is as follows:

Ropes.—Specially suitable for main drives and for transmitting large powers from and to slow running shafts. Cotton is the best material. It is not practicable to cross ropes. The most economic velocity is 4,800 ft. per minute. Efficiency at full power is 97 per cent. to 98 per cent.

Belts.—Specially suitable for secondary, light and very light drives. Velocity will depend upon the nature and duty of drive. Belts may be open or crossed. Highest possible efficiency at full power is 97 per cent. to 98 per cent.

Chains.—Divided in two classes: (1) rough drives or drives of convenience, and (2) high-class precision drives. The former are installed for convenience only; the power and speed would be low; efficiency very low. The latter class may fulfil important duty; the speed may be high, also the amount of power transmitted; it will operate at very close centres; efficiency at full power when totally-enclosed and bath-lubricated 97 per cent. to 98 per cent.

Gear.—Divided principally into spur and bevel, rough-class gear, and high-class gear. Spur gear is universally used (*a*) pattern moulded and machine moulded for low and medium pressures and velocities; (*b*) machine-cut precision gear for high pressures and high velocities. Highest possible efficiency when machine-cut and bath lubricated is 97 per cent. to 98 per cent.

Owing to the difficulties in accurately constructing, lining-up, and maintaining alignment of bevel gear, the velocities, tooth pressure and power of this gear will always be lower than for spur gear; the efficiency will also be lower. Bevel gears should be avoided if at all possible.

Electrical.—Where power can be obtained cheaply, electrical drives on the unit system should be adopted; the speed of the motor, with the resultant effect of any reduction necessary, must be considered on an economic basis. The efficiency of the motor will be 90 per cent. to 94 per cent. or 95 per cent. at full load. The efficiency of the reduction gear to be obtained from data given earlier.

Variable.—Speed variation can be obtained more satisfactorily by electrical means than in any other way. Direct current at present provides best economic facilities for any reasonable variation, with the advantage of easy remote control.

Cement Works in Latvia.

We understand that a second cement factory is shortly to be put into operation in Latvia. An old plant at Schlock, near Riga, has been purchased from the Latvian Bank by E. Eljaschew.

Swedish Cement Union.

It is reported that the Vallerikens Cement Fabrik has joined the Cement Union. There now remain only two small companies outside the Swedish cartel, namely, Slite and Gullhögen.

Amalgamation in Morocco.

It has been finally agreed that the S.A. Chaux, Ciments et Matériaux de Construction au Maroc should come under the control of the Lafarge interests and that it should work in co-operation with the Société Marocaine des Ciments Lafarge. The company is increasing its capital to 22,000,000 francs (£177,000).

EDITOR'S NOTE.

THE Editor of International "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE" invites readers of this journal to submit articles for publication. Manuscript may be submitted in English, French, German or Spanish, and will be translated into the other three languages by specialist translators.

Articles are invited on any new ideas or developments in the manufacture, chemistry or testing of cement, or allied subjects of general interest to the cement industry. Descriptions and illustrations of new cement plants in any part of the world are also invited. Liberal payment is made for suitable contributions.

Manufacturers of Cement-making Plant are also invited to submit information and illustrations relating to new plant developed by them and new installations of their plant.

Such matter should be addressed to: The Editor, "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, England.

Hot Cement.

By N. DAVEY, B.Sc., A.M.Inst.C.E.
(Building Research Station, Watford).

By the term "hot cement" is here meant that the cement is hot to the touch. The cement becomes hot through the frictional heat developed during grinding, and generally the finer the cement is ground the higher will be its temperature when it leaves the mills.

It often happens that cement, and more particularly rapid-hardening cement and cement stored in paper bags, is appreciably hot to the touch when it arrives at its destination; uncertainty has sometimes existed as to the quality of concrete which would result from its use.

Apart from tests carried out by the Tennessee Highway Department, Nashville, U.S.A., referred to in the Proceedings of the American Concrete Institute for the year 1929, page 434, there is little information available on this point. The American tests showed that so long as the cement met with the physical requirements of the American Society for Testing Materials Specification for Portland Cement, the temperature at which the cement was received on the construction job was not important. There was found to be no significant difference in either compressive or tensile strength or in other characteristics, although a slightly earlier setting time was noted.

The Building Research Station undertook a number of tests on a normal Portland cement conforming to the British Engineering Standards Association Specification for Portland Cement, and the results which are recorded here confirm the results obtained in America.

TABLE 1.

Chemical Analysis.

SiO_2	22.18
Al_2O_3	5.10
Fe_2O_3	3.69
TiO_2	0.69
CaO	63.10
MgO	1.51
Na_2O	0.42
K_2O	0.82
SO_3	2.17
Loss (by difference)	0.32
	100.00

Sieve Analysis—
Residue on 180×180 mesh sieve, 7.26 per cent.
,, 76× 76 ,, 0.21 per cent.

Soundness—
Le Chatelier, 9 mm. expansion (not aerated).
2.5 mm. expansion (aerated 24 hours).

Tensile Strength—
Neat—7 days, 816 lbs. per sq. in.
Sand mortar—7 days, 372 ,, ,,
,, 28 ,, 451 ,, ,,

Arrangements were made with one of the Portland cement manufacturers which enabled representatives of the Building Research Station to visit their works and to collect samples of cement immediately it left the grinding mills. The temperature of the cement on the conveyor belt transporting the cement from the mills to the storage silos was 140 deg. C.

The first tests for setting time and the preparation of sand mortar briquettes were carried out in the testing laboratory at the works with cement which was half-an-hour old. The temperature had fallen from 140 deg. to 122 deg. C., but this temperature was still much in excess of the temperature which cement is likely to have when it reaches its destination. The Standard Specification test figures for the cement cooled to 16 deg. C. two days after leaving the kiln are given in Table 1.

By using specially-made containers and vacuum flasks, the cement collected

Fig. 1.—Setting Time of Hot Cement.

at the mills at a temperature of 140 deg. C. was transported to the Building Research Station without a serious loss of heat. Thus tests which had been carried out at the works could be repeated at various intervals of time as the cement cooled. The first series of concrete test pieces was prepared at the Building Research Station with cement which had a temperature of 120 deg. C., and was under four hours old.

The setting-time tests in Table 2 and the tensile strength tests in Table 3 were carried out on samples prepared from cement stored in large vacuum flasks, while the concrete was prepared from samples stored in specially-made insulated containers of larger capacity. Loss of heat from the two types of container was different, and consequently the temperature at any given time varied somewhat. For example, after 18 hours' storage the temperature of the cement in the flasks was 65 deg. C., but in the larger containers it had fallen to 30 deg. C.

For the setting-time tests the neat cement was gauged with just sufficient water to give a consistence represented by a penetration of 5 mm. of the Vicat plunger. This consistence corresponded to a spread of 5 in. on the flow table. When the cement was hot more water was required to produce this consistence. The figures in Fig. 1 show that hot cement sets more quickly than cooled cement, and that the effect is more marked in the case of initial setting time. There was, however, a difference of only half-an-hour in the final setting time between cement which was 122 deg. C. at the time of mixing, and that which was only 15 deg. C. This difference may be considered of little importance.

The tensile strength figures of 1 : 3 standard sand mortar briquettes, stored in water for 2, 6, and 27 days after 1 day in moist air, are recorded in Table 2. The strength of briquettes prepared with cement which was 122 deg. C. before

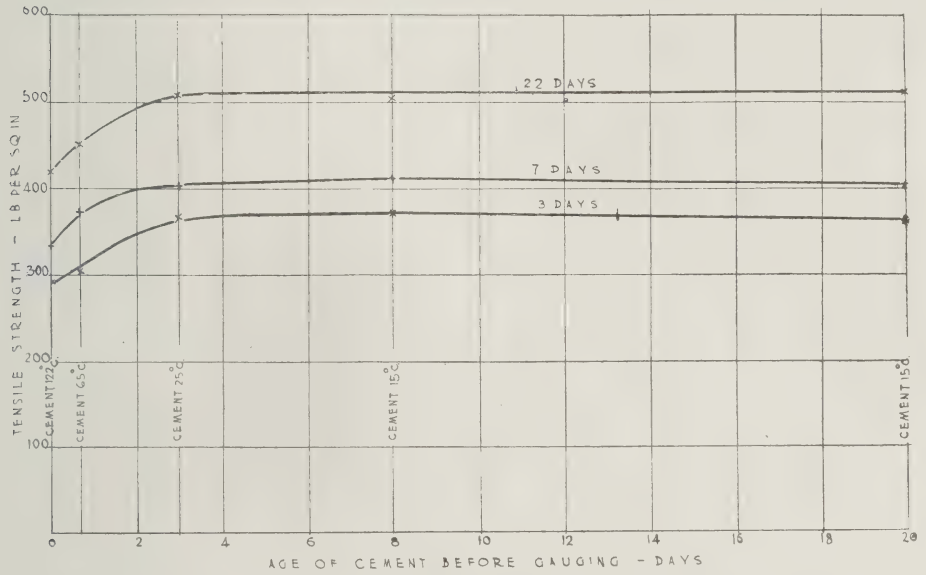


Fig. 2.—Strength of Sand Mortar Briquettes prepared with Hot Cement.

adding sand and water was lower than that obtained with cement at 15 deg. C., and varied from a reduction of 21 per cent. at three days old to 16.5 per cent. at 28 days old. But all the cement passed the British Engineering Standard Specification requirements.

The crushing strengths of concrete prepared from cement of various temperatures are given in Table 4, and show that in such a mix as 1 : 2 : 4 where the cement content is relatively small there is no apparent effect on the strength, probably due to the rapid dissipation of heat to the aggregate and water. A cylindrical compression test piece 8 in. by 4 in. diameter was used. The crushing stresses determined from this test piece have been shown by experiments at the Building Research Station to be approximately 75 per cent. of the crushing stress obtained on a test piece in the form of a cube (a form used in many laboratories). The corresponding strength of a cube would therefore be about 30 per cent. greater than those recorded in Table 4.

Statistical analysis of the strength tests included in Tables 2 and 3 shows that a definite significance may be attached to the small variations in strength

in specimens mixed within 18 hours of grinding. The variations are, however, small, and represent a maximum of 10 per cent. decrease of strength of the mortars, but an increase of strength in the concrete. The differences in strength between specimens mixed at later dates after grinding are not significant. In general, it may be concluded that the effects of using " hot " cement under conditions likely to be found on a job are unimportant.

A section of concrete road was laid on July 23rd, 1929, in the presence of a representative of the Building Research Station. The section was approximately 70 sq. ft. in area, and was beside a landing stage, where it was liable to very rough usage. The total thickness of the slab was 7½ in., the bottom 5 ins. being composed of a mix in the proportions of 1½ cu. ft. Portland cement, 2½ cu. ft. gravel, and 2 cu. ft. of brick rubble. The mix was stiff, and required a great deal of punning. The top surface, 2½ in. in thickness, was in the proportions of 1 cu. ft. Portland cement, 1 cu. ft. crushed shingle (½ in. down), and 1½ cu. ft. gravel. Sufficient water was added to the mix to produce a consistence approximating to a slump of 4 to 5 ins.

The temperature of the cement used was 115 deg. C. when it was emptied on to the mixing board. The temperatures of a batch of concrete used for the top surface were as follows:—

Temperature of cement	115 deg. C.
Temperature of water	22 deg. C.
Temperature of cement and ingredients mixed dry ...	40 deg. C.
Temperature of cement and ingredients mixed wet ...	32 deg. C.

These figures are representative of the concrete used for the surface of the whole panel.

Traffic was allowed on the slab after two days, and the concrete was kept moist in the meantime. After eleven weeks of heavy use, the concrete was inspected by a representative of the Building Research Station. The concrete was in excellent condition, there being no cracks visible, and no signs of disintegration.

TABLE 2.—SETTING TIME OF HOT CEMENT.

(1)	(2)	(3)		(4)		(5)	(6)				
Age of cement.	Condition of storage.	Temperature of cement before mixing water was added.		Temperature of cement paste at time of moulding.		Amount of mixing water used. Per cent. of dry material.*	Setting time. Initial.		Final.		Remarks.
		Deg. Cent.	Deg. Fahr.	Deg. Cent.	Deg. Fahr.		hr.	min.	hr.	min.	
Half-an-hour	Straight from mill	122	252	36	97	24.5	1	0	2	25	Tested at works
18 hours	Stored in vacuum flask	65	149	31	88	24.0	1	20	2	30	Tested at B.R.S.
3 days	do.	25	77	23	73	23.0	1	50	2	50	do.
8 days	do.	15	59	15	59	22.5	1	45	2	40	do.
20 days	do.	15	59	15	59	23.0	2	0	2	55	do.
14 days	Aerated for 14 days in 3-in. layers.	14	57	14	57	23.5	2	55	4	15	do.

*To produce a consistence represented by a penetration of 5 mm. of the Vicat plunger and corresponding to a spread on the flow table of 5 ins.

Table 3.—Tensile Strength of Sand Mortars Prepared from Hot Cement.

(1) Age of cement.	(2) Condition of storage.	(3) Temperature of cement before mixing. °C.	(3) °F.	(4) Temperature of mortar at time of moulding. °C.	(4) °F.	(5) Amount of mixing water per cent. of cement.	(6) Tensile strength: lb. per square in. 3 days	7 days	28 days
½ hr.	(*a*) Straight from mill	122	252	30	86	7.5*	300	300	408
							320	300	436
							260	335	432
							290	400	404
							300	340	400
							†	330	440
						§Average	294	334	420
						Probable error ..	±5.91	±9.22	±4.47
18 hours	(*b*) Air-tight container	65	149	24	75	7.0	320	382	454
							284	366	472
							318	372	448
							300	350	466
							288	378	432
							308	384	438
						§Average	303	372	438
						Probable error ..	±3.79	±3.18	±3.91
3 days	(*c*) Air-tight container	25	77	19	66	7.0	354	404	528
							392	392	490
							370	420	510
							372	400	522
							358	414	534
							356	388	472
						§Average	367	403	509
						Probable error ..	±3.61	±3.11	±6.04
8 days	(*d*) Air-tight container	15	59	15	59	7.0	376	390	508
							370	428	486
							350	392	468
							396	410	512
							392	432	530
							350	408	506
						§Average	372	410	502
						Probable error ..	±4.98	±4.11	±5.45
20 days	(*e*) Air-tight container	15	59	15	59	7.0	360	380	516
							342	396	478
							384	412	494
							376	420	522
							340	398	518
							370	396	532
						§Average	362	400	510
						Probable error ..	±4.54	±3.52	±5.04
14 days	(*f*) Aerated for 14 days in 3 in. layer.	14	57	14	57	7.0	308	360	516
							296	390	480
							342	366	498
							348	394	542
							326	418	476
							358	394	534
						§Average	329	387	507
						Probable error ..	±6.06	±5.32	±6.93

* This series of briquettes was prepared in the laboratory at the Cement Mills.
† This set of tests was conducted at the cement mills. All the remaining tests were carried out at the Building Research Station.
§ The "probable error" is calculated from the variation in a sample set of observations, and indicates the limits within which half the observations of a large sample may be expected to fall.

TABLE 4.—COMPRESSIVE STRENGTH OF 1 : 2 : 4 : CONCRETE PREPARED FROM HOT CEMENT.

Details of mix :—One part by weight of cement; Two parts by weight of Ham River special sharp washed sand through $\frac{1}{4}$-in. mesh; Four parts by weight of Ham River crushed washed shingle between $\frac{3}{4}$-in. and $\frac{1}{4}$-in. mesh.

Note :—The amount of mixing water added was sufficient to produce a mix of consistence represented by 1-in. slump.

(1) Age of cement.	(2) Condition of storage.	(3) Temperature of cement before mixing.		(4) Temperature of mortar at time of moulding.		(5) Amount of mixing water per cent. of cement.	(6) Compressive strength : lb. per square in.		
		Deg. C.	Deg. F.	Deg. C.	Deg. F.		3	7	28 days
$3\frac{3}{4}$ hours	Air-tight containers	120	248	28	82	68	478	900	2550
							475	845	2518
							467	955	2340
							518	1005	2322
							502	1116	2415
							—	1054	2145
						Average	488	980	2382
						Probable error ..	±5.73	±23.81	±37.17
18 hours	Air-tight containers	30	86	23	73	68	574	1064	2682
							595	1060	2670
							609	1108	2776
							507	1148	2785
							585	1075	2475
							607	1044	2734
						Average	579	1083	2687
						Probable error ..	±8.84	±9.62	±28.66
3 days	Air-tight containers	19	66	18	64	68	602	995	2320
							545	850	2245
							520	932	2552
							517	850	2490
							517	935	2460
							432	888	2425
						Average	522	908	2415
						Probable error ..	±13.81	±14.22	±28.54
8 days	Air-tight containers	15	59	15	59	68	463	1112	2570
							466	1086	2668
							508	1032	2566
							503	1050	2612
							500	872	2585
							467	865	2385
						Average	485	1003	2564
						Probable error ..	±5.33	±27.09	±24.02
14 days	Air-tight containers	14	57	14	57	68	425	916	2600
							379	923	2445
							429	950	2392
							407	1045	2530
							413	953	2552
							405	—	—
						Average	410	957	2504
						Probable error ..	±4.48	±13.92	±26.67

The Rotary Kiln in Cement Manufacture.—II.

By W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

The writer has in the course of professional practice supervised the testing of rotary kilns for fuel consumption and output at nineteen separate plants. In course of time a system of procedure has been elaborated. It is now proposed to describe generally the method of making the more important measurements which are necessary, and later to give details of a representative test. A Heat Balance will be worked out, and the saving in coal possible in that particular instance will be indicated.

Period of Test.

The test on a rotary kiln usually lasted for one week. The period necessary depends partly on the quantity of coal in the various hoppers and in the coal drying and grinding machines, which has to be estimated at the beginning and at the end of each test. Too short a period would make errors of estimation proportionately large. The rate of output from the kiln also varies daily to some extent, owing perhaps to the formation of a clinker ring, to short stoppages, to small changes in the moisture and composition of the slurry, or to the fine coal not being sufficiently dry.

Hence a test to be representative must extend over a period of several days. Time is also necessary in order that a research engineer not previously accustomed to the working of the plant may properly grasp the working of the kiln, with its attendant coal drying and grinding machinery, in all its details.

Raw Coal Measurement.

Up to the present, in England, automatic coal weighing machines are not universally used in cement plants. The management knows approximately the weight of coal purchased and the weight of cement sold, and a ratio between the two is usually obtained half yearly, due allowance being made for stocks.

The raw coal generally reaches the works (*a*) by railway wagons or (*b*) by barge.

Coal by Rail.—If the works has a weighbridge large enough to take a loaded coal-wagon the problem is relatively simple, since the wagons used during the test can be weighed full and afterwards empty, a suitable record being made. Alternatively it is at times practicable to have the wagons weighed at the nearest railway weighbridge.

If a weighbridge is not available it is often possible to shovel the coal direct from the railway trucks into wheelbarrows. The coal is then weighed in 2½-cwt. lots on a platform weighing-machine. It is convenient to make up the empty barrows to the same weight and to weigh exactly 2½ cwts. each time; this simplifies the records.

For a one-kiln plant with a 200-ft. kiln it will be necessary to weigh out about 350 tons of coal in seven days, or 168 hours, and double that quantity for a two-kiln plant.

Coal by Barge.—Deliveries by barge are usually intermittent and in relatively large quantities. The coal is often deposited in a flat-bottomed store or shed. From thence it can be weighed out in 2½-cwt. lots, in barrows, as previously described. Practice shows that the men barrowing the coal cannot always

For Figs. 1—7, see January Number.

be relied upon to bring the coal to the exact weight, or accurately to record the number of barrows weighed; hence it is usually necessary to provide three clerical assistants, one for each 8-hour shift, to supervise the coal-weighing operation.

Special Methods of Coal Measurement.—If, as is often the case, the raw coal drying and grinding plant serves more than one kiln, such kilns have to be tested as one unit. In special cases, however, the writer has tested one kiln of a group by weighing out the dry powdered coal in a thin steel-plate hopper of 500 lbs. capacity mounted on a platform weighing-machine. The weight was indicated on a dial of large diameter, thus ensuring ease and rapidity of measurement. It was necessary to provide an additional elevator and two conveyors for filling and emptying the hopper, and suitable inlet and discharge valves. Flexible connections were made to the inlet and outlet, and the apparatus was rendered dustproof in working.

Another method sometimes adopted for measuring the weight of powdered coal supplied to a single kiln is to record the number of revolutions of the feed screws at the base of the hopper on the burning platform, and to obtain a figure, by suitable measurement, for the weight of fine coal discharged per revolution of each feed screw. This method will be again referred to in the test to be described. It should only be used when a direct measurement of the raw coal used is impracticable.

Raw Coal Moisture.—The percentage of moisture in the raw coal should be determined when it is weighed. If the coal is weighed in barrows, a small measure-full is taken from each barrow and placed in a covered receptacle. The quantity obtained on each 8-hour shift is suitably mixed and quartered down, and two moisture determinations finally made on it. For coal delivered in railway wagons it is generally convenient to take measured samples at regular intervals during unloading from the conveyor which delivers into the raw-coal hopper above the coal drier.

Moisture in Dried Coal.—The moisture in the dried coal is required in order to obtain the efficiency of the coal drier. A small measure-full of the coal leaving the drier is taken hourly and placed in a covered bin. The contents are mixed and quartered down every eight hours, and two moisture determinations made from the average sample.

Calorific Value and Moisture of Pulverised Coal.—It is relatively easy to get a representative sample of powdered coal for estimation of calorific value by taking hourly a small measure-full of the coal as it enters the coal-firing pipe. The samples obtained on each eight-hour shift are mixed and quartered down, and two estimations of calorific value and moisture made on the average sample. As a rule, the moisture in the fine coal is a little less than the moisture in the coal leaving the drier, since a certain amount is lost in the grinding operation.

Coal Fineness of Grinding.—Samples were taken hourly of the coal leaving the grinding mill, and tested for residue on the 180^2 and the 100^2 sieves.

CLINKER MEASUREMENT.

At many plants the clinker is delivered direct from the cooler end into trucks of 20 in. or 24 in. gauge, holding from 1 to 1½ tons; such trucks are then weighed on a platform weighbridge, and afterwards tipped either to the grinding plant or to the stock heap. It is generally necessary to test the

weighing machine with standard (56 lb.) weights, and to make sure that a suitable man is provided on each shift to supervise the weighing and to record the result.

Rotary Weigher.—At other plants a rotary weigher for clinker has come into use; a diagram of it is shown in Fig. 8, and a reference table is provided. A small hopper may be arranged suitably to feed the clinker into the drum.

On the contents of a quadrant reaching the correct weight the drum sinks; this movement clears the stops G from the stop pieces F, and the drum, being out of balance, rotates, discharging the weighed clinker. As soon as the clinker commences to leave the quadrant the weights on lever C restore the drum to its original level, and the automatic stop mechanism prevents the drum from rotating more than one-quarter of a revolution. The drum is retained in position during filling by the spring-controlled lever H.

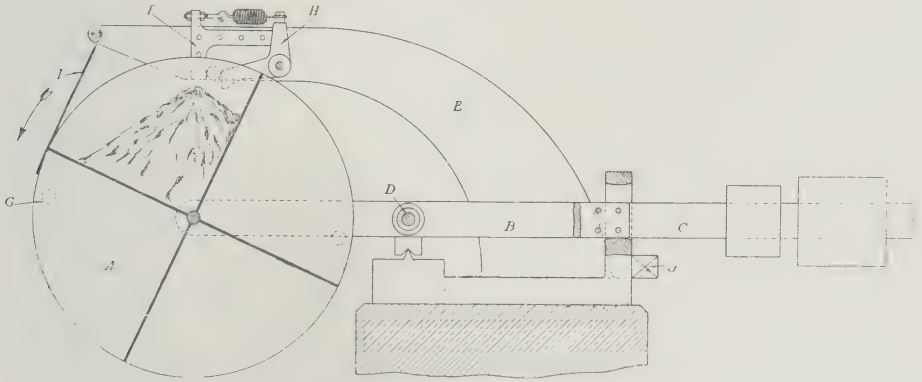


Fig. 8.—Rotary Weigher for Clinker.

A—Rotating drum; B—Side levers carrying drum and knife-edge supports; C—Central lever carrying weights; D—Distance bar; E—Fixed framework of machine; F—Stop-pieces bolted to each side frame; G—Four stops on each end plate of drum; H—Lever with spring control; I—Guard plate; J—Reciprocating counter.

The delivery per quadrant is not always uniform, and, during a test, the weighing should be checked at regular intervals by catching the delivery from each quadrant in a suitable receptacle and weighing the contents on a platform machine. At one plant the average delivery from the four quadrants was 232 lbs. per quadrant, the maximum delivery recorded was 242 lbs., and the minimum 220 lbs. At another plant the rotary weigher was tested twice daily for a week, each quadrant being numbered. The result was as follows:—

Quadrant number.	Maximum weight recorded (lbs.).	Minimum weight recorded (lbs.).	Average of all weighings (lbs.).
I ...	101.5 ...	90.8 ...	94.5
II ...	95.8 ...	87.5 ...	92.6
III ...	96.3 ...	85.7 ...	90.9
IV ...	92.8 ...	87.5 ...	89.8

In operation the machine is reliable, since it will weigh continuously with little attention. For test purposes, however, a platform machine is preferable.

ANALYSIS OF WASTE GASES.

The composition of the waste gases is determined in order that the excess air may be kept within suitable limits, say, from 2½ to 7½ per cent. For this purpose the percentage of oxygen present is all that is desired.

The gases are usually collected by a pipe of ¼ in. diameter which projects about 2 ft. into the exit end of the kiln. For support, the ¼-in. pipe may be passed down the inside of a pipe of 1¼ in. diameter, the latter resting on a suitable rail fixed near the end of the kiln. The ¼-in. pipe readily chokes with slurry which is carried into the end by the gases, hence it must be capable of ready withdrawal for cleaning purposes. On most kiln tests an Orsat apparatus was used, and about four estimations of CO_2 and O_2 were made per hour during the day. Preferably the readings should be continuous throughout the 24 hours, but this was not done owing to shortage of staff.

Oxygen Recorder.—Since the waste-gas analysis is an important measurement a continuous record would be advantageous, and accordingly an oxygen recorder was tried at a few plants. The instrument is relatively expensive to fit up in position if it is only required for a short period. The gas is drawn into the apparatus, measured, and expelled by the action of water which is drawn from a tank fixed about 5 ft. above the instrument. The absorbing agent is phosphorus. The percentage of O_2 in the gas is recorded on a chart driven by clockwork, and about 15 readings can be obtained per hour.

The water obtainable on a cement plant often contains sediment, grit, or other foreign matter near the upper end of the kiln. It was found that a 1 in. diameter stop-valve under 5 ft. head when open 1/300th of an inch would supply all the water required, and stoppages due to the choking of this aperture were frequent. Ultimately the water was supplied to the apparatus through nozzles, about ⅛ in. in diameter working under a head of 4 in., and each nozzle was surrounded with a circular sieve of 30-mesh wire. With continuous working the gas did not become sufficiently cool before reaching the instrument, so that a small condenser with ¾ in. brass tubes was provided. If it was necessary to place the recorder some little distance from the kiln end considerable trouble was experienced in making the iron gas-pipe joints absolutely air tight.

The drawing-in pipe at the kiln end had to be kept clear of dried slurry, and it was often not manifest from the recorder chart whether the pipe was choked or not, since the instrument would go on recording. Ultimately it was found desirable to keep a continuous check on the readings of the oxygen recorder by means of the Orsat apparatus, and under these circumstances the use of the Orsat apparatus alone was judged to be sufficient.

At one or two of the plants, however, some useful information was obtained by comparing the O_2 recorder charts with charts taken from a speed-recorder driven from the shafting of the fine-coal feed-screws. Rotary kilns are usually operated under conditions of constant air supply, and it follows that the percentage of O_2 in the waste gases will depend on the rate at which coal is being fed to the kiln. Hence, if an increase of speed of the coal-feed screws was not followed by a corresponding reduction of the O_2 percentage in the waste gases, it was assumed that the fine coal was hanging up in the hopper; and, conversely, any flushing of the fine coal past the feed screws could be detected and measured in the same manner.

Ultimately similar information was obtained at each plant by counting the coal-feed screw revolutions per minute during the time gas was being drawn out of the kiln end for analysis by the Orsat apparatus.

The writer considers, however, that for permanent use an O_2 recorder, if carefully installed and supervised, would prove a considerable asset on many cement plants.

TEMPERATURE MEASUREMENTS.

The more important measurements were made by copper-constantan thermocouples enclosed in steel sheaths. They were used in conjunction with thread recorders (quadruple, double, and single), and a portable indicator. Temperatures below 350 deg. F., if a continuous record was not desired, were taken, where convenient, on mercury in glass thermometers.

Kiln-Exit Gas.—The pyrometer for the kiln-exit gases should be placed not more than 6 in. from the outside end of the kiln, and opposite the centre of the opening, on either side of the slurry pipe alternately. This gives an average reading which is sufficient for general works use. If the pyrometer end can "see" the wet and relatively cool slurry surfaces in the kiln end, the reading may be somewhat too low. The extent of the error is now being investigated.

Between the kiln end and the chimney base the waste-gas temperature rapidly falls owing to the leakage of cold air into the flues. Hence the temperature at the chimney base was also observed.

Surface Temperature Pyrometer.—For measuring the surface temperature of the kiln shell and the cooler shell in various positions previous to the calculation of radiation loss, the type of pyrometer indicated in Fig. 9 was used. The copper and constantan wires forming the thermal junction were embedded in a copper disc $\frac{5}{8}$ in. diameter and 3/32 in. thick. The pyrometer-sheath was cut away as indicated, and the open end closed with asbestos packing. The remainder of the sheath was of the usual design. To obtain a reading of surface temperature the kiln was stopped for about 30 seconds and the copper pad pressed against the shell, any rust or dirt being previously scraped away. The copper pad is heated on the front surface by conduction and cooled on the back surface by radiation and convection, but should proper contact be made with the kiln shell it is probable that the error will not exceed one or two degrees. As soon as the reading of the indicator becomes steady the pad should be moved about 2 in. along the shell, and a slightly increased reading will usually be obtained. For these observations it is convenient to have a set of compensating leads about 30 ft. long. The method of using the shell temperature measurements for calculation of kiln and cooler radiation will be described later.

Hot-air Pyrometer.—It is not practicable to measure the temperature of the air entering the kiln from the cooler by an ordinary pyrometer inserted in the base of the kiln hood, because radiation from the falling clinker and from the adjacent hot firebrick surfaces causes the reading to be too high. A similar effect may be observed by holding a mercury thermometer close to an ordinary fireplace; a considerable temperature will be recorded owing to the radiant heat from the fire, although the air entering the grate may be nearly at the temperature of the room.

After considerable experiment the method finally adopted was to pump a small quantity of hot air out of the clinker chute, or out of the base of the kiln hood, and to measure its temperature when the radiated heat was cut off. This arrangement is shown in Fig. 10, where the hot air leaving the cooler is being withdrawn from the base of the kiln hood. The temperature measured is usually from 600 deg. to 800 deg. F.

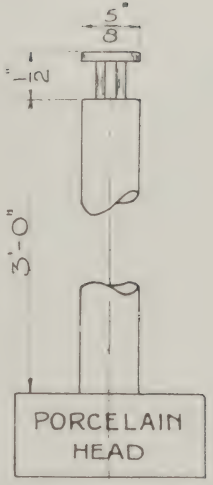


Fig. 9.—Surface Temperature Pyrometer.

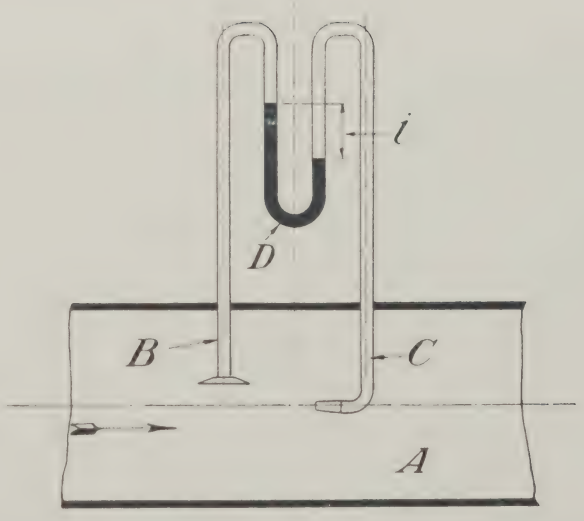


Fig. 11.—Diagram of Air Flow in Pipe.

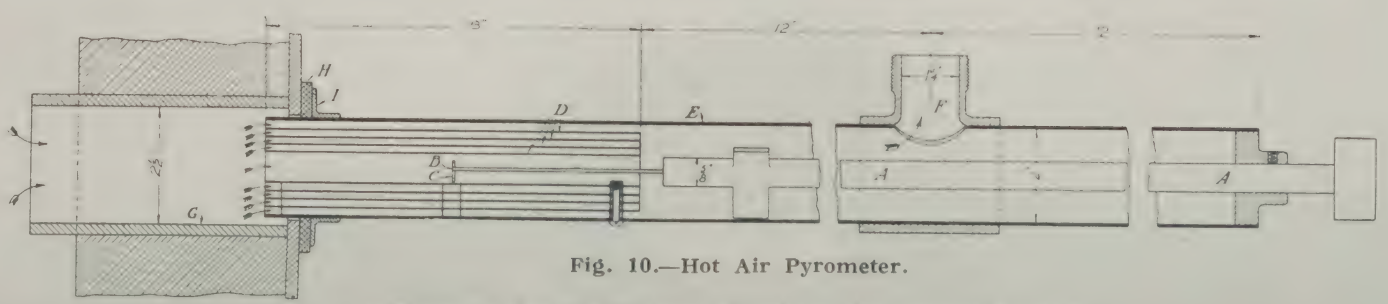


Fig. 10.—Hot Air Pyrometer.

A—Pyrometer sheath with porcelain head and three support wings; B—Copper constantan thermo-couple; C—Three support wires for couple; D—Four polished steel tubes, spaced apart, and secured to outer tube E; E—Outer steel tube; F—Connection to hand power exhauster; G—Pipe built into base of kiln hood; H—Asbestos packing ring; I—Angle ring clamped to tube E.

In the position in which the pyrometer is used the reading will be too low unless means are taken to prevent radiation to the atmosphere from the surface immediately surrounding the thermo-couple. Each tube of the multiple bush arrangement is heated by convection due to the forced circulation, but the heat thus imparted has to be radiated from tube to tube, and finally all of it from the outer surface of the outer tube. Hence by taking a sufficient number of tubes the error due to radiation loss may be reduced to one or two degrees Fah. A steady reading of the indicator is usually obtained after operating the exhauster for six or seven minutes.

AIR MEASUREMENTS.

The air measurements required are usually the quantity of air entering the kiln by:—(*a*) The coal-firing pipe; (*b*) the clinker chute; (*c*) packing-ring leakage; (*d*) hot-air pipes or ports.

In many plants there is a system of piping by means of which hot air is supplied for drying purposes from the cooler to the coal drier, or a separate furnace may be used. The hot air is usually passed both round the outside of the drier shell and through the interior. It is often necessary to measure the rate of hot-air flow in pipes or passages of the above description.

General Remarks on Air Flow.—Suppose we have a pipe or conduit (A, Fig. 11) through which air is flowing uniformly in the direction of the arrow, and let brass tubes with suitably formed ends be inserted and connected to a U-tube water-gauge marked D. The tube ends are shown to a larger scale in Fig. 12. The tube B, which terminates in a brass disc parallel to the direction of air flow, will transmit to the water gauge D the static pressure, or compression of the air. The tube C, which has a bevelled end facing the air stream, will transmit both the static pressure and the pressure due to the velocity of the air in pipe A. Hence the water-gauge D, which measures the difference between the pressures in the two tubes, will indicate the pressure (or head) due to velocity only. The brass disc at the end of pipe B has been found necessary, and sufficient, to prevent an inaccurate reading of the static pressure due to inductive action.

The arrangement of facing tube C in Fig. 11 was introduced by Pitot, and the disc at the end of static tube B by Darcy, but for convenience any combination of tubes for air measurement will be here referred to as Pitot tubes.

The measurement, in inches of water, of the pressure due to the air velocity is what is usually required in practice, and from this observation the quantity flowing through a pipe or tube can be calculated in a manner presently to be described. It is found, however, that a special and more elaborate form of the water gauge D is necessary, since many of the observations made do not exceed 1/50th of an inch of water column.

A Pitot tube arrangement suitable for measuring the air velocity in the clinker chute of a rotary kiln is shown in Fig. 12. Since the tubes are subjected to a high temperature brazing is not admissible; hence a simple form of construction is used, and there are no small orifices to become choked with the dust which is always present in the clinker chute. The total length of the tubes may be about 4 ft., three clips being used.

For use with cold air free from dust a compact arrangement of Pitot tubes has been introduced by the National Physical Laboratory.

A robust modification of the design suitable for cement plant use is shown in Fig. 13. The total pressure is measured by the inner tube A, which is

arranged to face the air stream, whilst the static pressure is observed by means of the small holes drilled through the outer tube B. The tube A, and the space between the two tubes, are separately connected one to each limb of the water gauge by rubber tubes fitting over the terminals C and D. The joints are welded (not brazed) to withstand immersion in air or gases heated up to 800 deg. or 900 deg. Fah. The Pitot tube arrangement shown in Fig. 12 is generally used for air measurements in brickwork flues, since it can be made of any reasonable length. The form shown in Fig. 13 is used for steel-plate pipes and trunks.

Tilting Water Gauge.—The water gauge, due to the air velocity in the various pipes and flues of a rotary-kiln plant (excepting the coal-firing pipe), usually

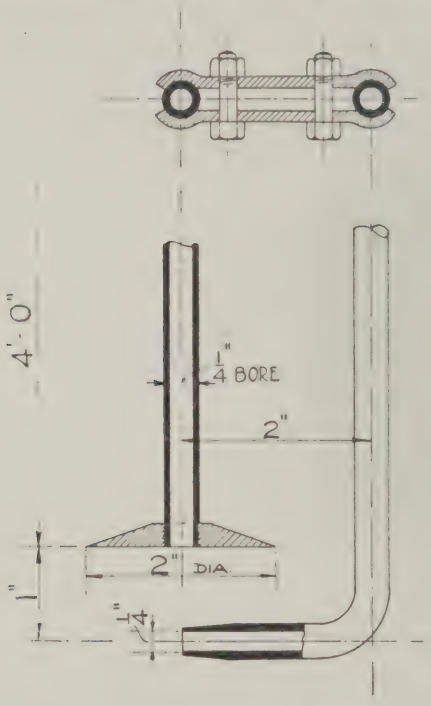


Fig. 12.—Pitot Tubes for Clinker Chute.

ranges from $\frac{3}{4}$ in. to 1/100 in. or less, and the special form of water gauge used is shown in Figs. 14, 15, and 16. A table of reference is provided. In principle the apparatus is an ordinary U-tube water gauge, the modifications being that a microscope is used to observe the water level in one limb, and a micrometer arrangement is adapted in conjunction with the microscope to measure the displacement of the water level when an observation has to be made. The glass vessels A_1 and A_2, together with the connecting tube B, correspond to the ordinary U tube.

It will be seen that the upper iron frame carrying the glass vessels is supported at three points. The supports rest in shallow conical cups, slightly flattened at the apex, thus giving a small degree of lateral freedom. The upper and lower frames are held together by the spring K.

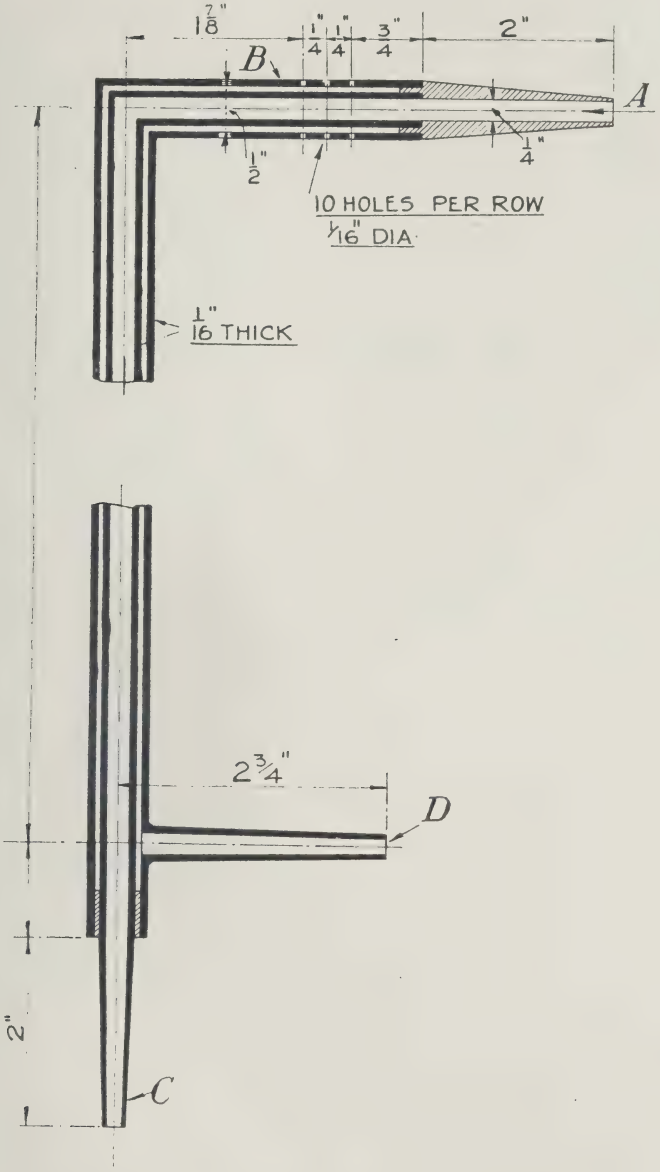
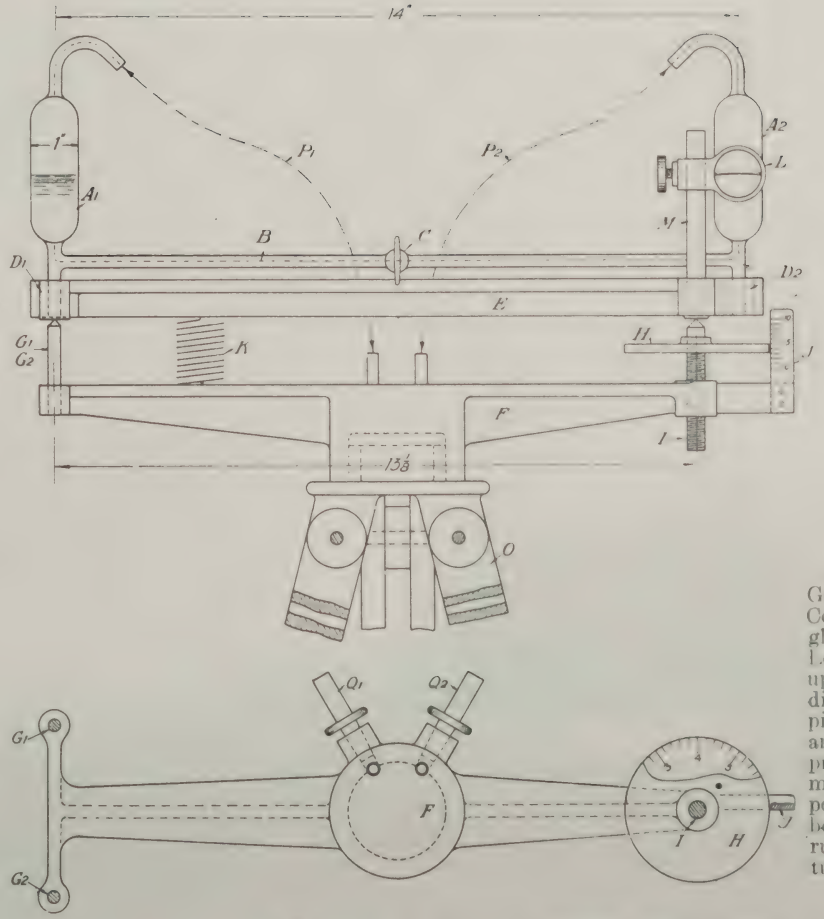


Fig. 13.—Pitot Tube: Heavy N.P.L. pattern.

Two lengths of heavy $\frac{1}{4}$ in. rubber pressure tubing about 20 ft. long are used to connect the Pitot tubes in the pipe or flue to the water gauge. The ends of the pressure tubing fit over the plug connections Q_1 and Q_2 shown in Fig. 15. By means of holes drilled in the casting F, and the light rubber tubes P_1 and P_2, suitable communication is made to the two glass vessels A_1 and A_2. The drag of the long lines of rubber tubing is thus taken directly by the tripod support and not by the glass vessels.



A_1 A_2—Glass vessels containing water; B—Glass connecting tube; C—Stopcock; D_1 D_2—Cork bushes supporting the stems of the glass vessels; E—Upper iron frame.; F—Lower iron frame; G_1 G_2—Supports for upper frame; H—Micrometer wheel, with 50 divisions; I—Micrometer screw, $\frac{1}{10}$ in. pitch; J—Vertical scale divided in tenths of an inch; K—Tension spring; L—Microscope, provided with cross wires; M—Support for microscope; N—Provision for mirror support; O—Tripod support; P_1 P_2—Light rubber tubes; Q_1 Q_2—Plug connections for $\frac{1}{4}$-in. rubber pressure tubing leading to Pitot tubes

Figs. 14, 15 and 16.—Tilting Water Gauge: Three Views.

To take an observation, the tripod is set up in a convenient position with the plugs Q_1 and Q_2 removed. The level of the microscope is approximately adjusted on the support M, and the wheel H is turned until the water level in the tube A_2 appears to be exactly tangential to the horizontal cross-wire of the microscope. The micrometer reading is then noted. The water level (with suitable illumination) appears in the microscope as a sharp line, curved and inverted, as shown at L, and its position can be registered with great accuracy by the horizontal cross-wire of the microscope. This is one of the chief advantages of the apparatus. The Pitot tubes being held in the correct position in the pipe or conduit, the plugs Q_1 and Q_2 are next inserted, and, presuming the velocity tube to be connected to Q_1, the water level in the glass vessel A_1 will fall and the water level in A_2 will rise. The glass tube A_2 is now raised by means of the wheel H, and water flows from A_2 to A_1. Due to the position of the supports G_1 and G_2 the level of the glass vessel A_1 is not altered. The movement of the wheel is continued until the surface of the water in A_2 is again tangential to the cross-wire of the microscope. A second reading is then taken of the micrometer wheel. The position of the water in each of the glass vessels A_1 and A_2, as regards mean level, is exactly what it was before the plugs Q_1 and Q_2 were inserted, and the actual head of water which balances the velocity under observation is measured by the movement of the wheel H which was necessary to restore the position. Since, however, the axis of the wheel H is not exactly under the centre line of the glass vessel A_2, all the readings have to be multiplied by a suitable constant, which in this case is

$$\frac{14}{13\frac{1}{8}}$$ see Fig. 14.

To enable the water-level to be clearly seen through the microscope a mirror is generally adapted to concentrate the light where required, but for use on a cement plant in the interior of buildings where daylight is dull the writer generally finds it preferable to hang a portable electric light a few feet from the microscope and exactly in the line of sight.

A delicate form of tilting water gauge mounted on three levelling screws has been much used by the National Physical Laboratory, and the more robust pattern mounted on a tripod, as here illustrated, is based on that apparatus. It was constructed to the writer's designs for cement plant use.

(*To be continued.*)

Notice.

All articles published in Cement and Cement Manufacture, in whatever language, are strictly copyright and may not be reprinted in other journals or in the form of catalogues without the permission of the proprietors, Concrete Publications Limited, 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, England.

The Behaviour of Cement, Aggregates, and Concrete at High Temperatures.*

By Dr. RICHARD GRÜN and Dr. HUGO BECKMANN (Dusseldorf).

As a result of the increase in the dimensions of modern buildings, especially as regards height, the importance of fire resistance of concrete cannot be overestimated. With greater height of building the compression strain on the carrying structure increases considerably, and in the case of very tall buildings the structure must be able to stand the loads upon it for some hours should a fire occur. If the structure of a high building should give way, for instance, during a fire in one of the lower floors, the consequence would be disastrous. In practice concrete structures show very much better resistance to fire than equivalent steel structures. Also, houses erected for experimental purposes and exposed to great heat have stood such tests surprisingly well.

The suitability of various kinds of aggregate as regards expansion and contraction has been frequently examined in laboratories, as also has the question of expansion and contraction of set cement. Very few systematic examinations of the variation of compression strength of concrete when exposed to fire have, however, been made. For this reason various samples of concrete and mortar were prepared, made of a large number of different cements and different kinds of aggregate, and exposed to progressively rising temperatures. After exposure to heat the compression strength of the concrete was tested both after allowing the concrete gradually to cool and after cooling it suddenly. The available results as well as the results of new investigations at the Forschungsinstitut (Institute of Research) were reported on as follows:—

Corresponding to the composition of the concrete, the behaviour of cement by itself, the aggregate by itself, and finally the concrete was examined.

The report deals with:

(1) Chemical Reaction: (*a*) Elimination of water in relation to the temperature and in relation to the time of exposure to heat. (*b*) Elimination of carbonic anhydride (CO_2) if any, and

(2) Physical Reaction: (*a*) Change of volume (expansion, contraction), and (*b*) change of strength.

Cement.

The quantity of water that can be eliminated (pure cement can absorb to 25 or 28 per cent. of water) depends on the temperature obtained during the period of heating as well as the duration of this period. Exhaustive experiments on this subject have been made by Endell, who examined the ignition losses of hardened Portland cements with different temperatures, as well as linear expansion of cements.

Fig. 1 illustrates ignition losses dependent on the temperatures reached, and shows that all the water as well as carbon dioxide have been driven off at a temperature of 1,000 deg. C. It is remarkable that the exodus of water with cements hardened under water (W_1 W_2 W_3 W_4) increases rapidly up to

* Paper read on November 19, 1929, at a meeting at Düsseldorf of the Committee for the Utilisation of Blast-Furnace Slag of the Verein Deutscher Eisenhüttenleute.

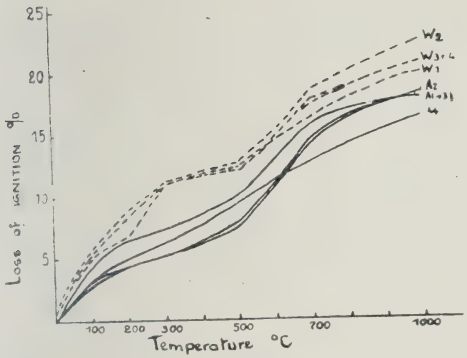


Fig.1.—Loss of ignition of hardened Portland cement after being heated to different temperatures for one hour, by Endell.

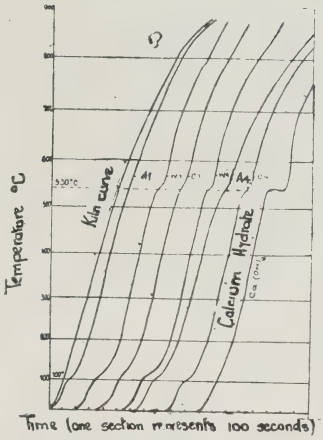


Fig. 2.—Heating curves of hardened Portland cements and calcium hydrate, by Endell.

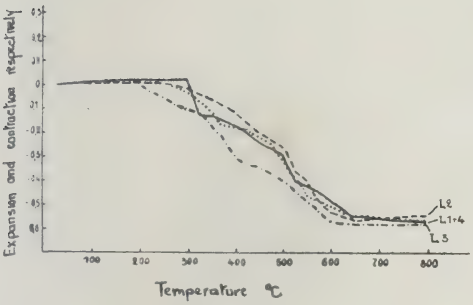


Fig. 3.—Linear expansion of four different cements hardened in air when heated to 800° C, in % of original length, by Endell.

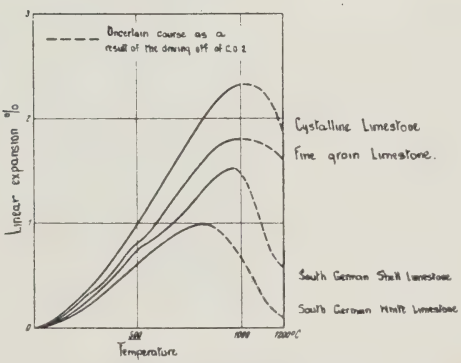


Fig. 4.—Expansion of limestone, by Endell.

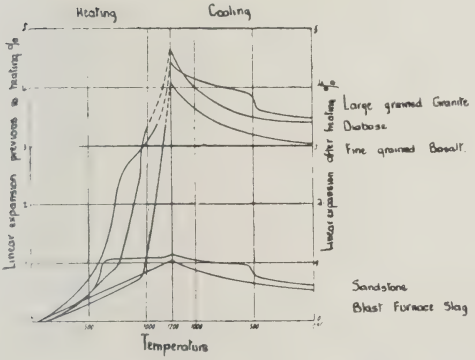


Fig. 5.—Expansion during heating and contraction during cooling for five aggregates, by Endell.

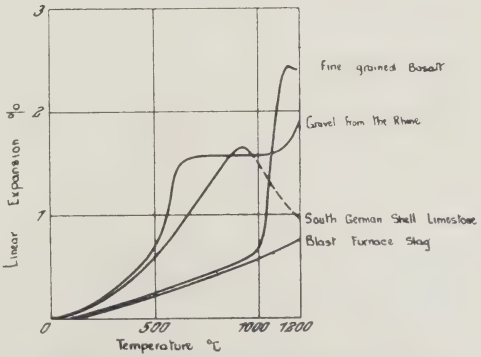


Fig. 6.—Expansion of cement mortars with various aggregates, by Endell.

300 deg. C., and that from 300 deg. C. up to 500 deg. C. there is practically no change. This observation, which was not mentioned by Endell, seems to prove that part of the water is driven off by heating up to 300 deg. C., and that there is no further result up to 500 deg. C.

The rise in temperature with equal heating for various hardened Portland cements is shown in Fig. 2. At a temperature of 530 deg. C. definite stages can be seen, which seem to indicate that at this point water is being driven off at a particularly rapid rate and that consequently a considerable change of texture occurs.

It is not so far known how far CO_2 is liberated with the water. The available information only indicates breaks and ignition losses. Figures are, however, available for the physical reaction of set-cement.

Fig. 3 shows the curves obtained by Endell, which illustrate the slight expansion that takes place with temperatures up to about 200-300 deg. C. and which then changes to rapid contraction. Evidently water is driven off to such an extent that the expansion by heat is not only fully compensated, but changed to contraction.

The changes in the compression strength of pure Portland cement have not yet been investigated, but are shortly to come into the range of experiments.

Aggregate.

As pure cement stands up rather well to heat it seemed logical to conclude that damage to buildings exposed to fire was not caused by insufficient resistance of the cement but by the aggregate. In experiments made at Gross-Lichterfelde it was found, for instance, that in houses built with the same cement throughout, all walls where gravel, basalt, etc., were used as aggregate stood up very well. Only the walls in which granite had been used showed expansion and cracks of an explosive character. For this reason it is especially necessary to examine thoroughly all aggregates. A large number of reports on tests are available from German and American sources.

The driving off of water in the case of mica, for instance, is of considerable importance. There are, however, no records of investigations.

Calcination seems to be of importance as regards chemical reaction. Experiments of Endell show very marked contraction (Fig. 4). With the exception of calcium carbonate or limestone, physical reaction seems to be more important than chemical reaction with aggregate.

Endell has also investigated the conditions as regards expansion of various aggregates before use for concrete. Granite, diabase, basalt, sandstone and blast-furnace slag were examined. Fig. 5 shows blast-furnace slag to have very little expansion, and sandstone also seems quite satisfactory. Basalt, diabase and granite, however, show expansion about four times as high as blast-furnace slag.

In this connection it may be sufficient to refer to the figures given later with relation to concrete.

Concrete.

The chemical reactions of concrete will be defined by the corresponding reactions of the aggregate and set cement as already dealt with. New phenomena need not be expected, and therefore nothing need be said about chemical reactions here.

The physical reactions of concrete cannot be ascertained so easily from the corresponding reactions of the parts separately examined. Concrete is a

product with very different physical properties than either aggregate or cement. Cement when heated by itself has a different content of CO_2 and water than when mixed in the form of concrete. Aggregate which naturally influences strength, expansion and contraction, is contained in concrete in pieces of various sizes. For the investigation of the reactions of aggregate one piece at a time was examined only.

Up to a certain point the change in volume of concrete based on results obtained for the components can be determined. It appears that all aggregates expand, while a slight contraction occurs for cement. Correspondingly concrete will show expansion, although not so marked as with aggregate because the contraction of cement still occurs. Endell has proved this in his investigations. He shows aggregate containing quartz having rapidly increasing expansion at a temperature of about 575 deg. C. as a result of quartz conversion (α—β). Copper-slag from Mansfeld, basalt and diabase cause

Fig. 7.—Gas Furnace for the examination of Concrete at High Temperatures

expansion of concrete at about 1,000 deg. C. as a result of the escape of gases from the aggregate. Calcareous aggregate, however, causes shrinkage at about 900 deg. C. as a result of calcination. Blast-furnace slag is an exception, giving slight but steady expansion to the concrete. Fig. 6 shows typical curves for quartzite, volcanic and calcareous stone as well as blast-furnace slag.

The most important consideration when a building is subjected to fire is the resultant variation in strength. Many experiments have been carried out to ascertain how far the strength of concrete is influenced by various temperatures. Sutcliffe heated blocks of cement and concrete and found that the tensile strength decreased from 44 to 80 per cent. according to the method by which the blocks were prepared. Nitzsche has found even greater decrease of tensile strength. Blocks heated to 300 deg. C. for 120 hours retained only one-quarter to one-third of the original tensile strength.

Investigations on compression strength made by Woolson indicated a decrease to 88 per cent. with concrete with volcanic aggregate and a decrease to 58

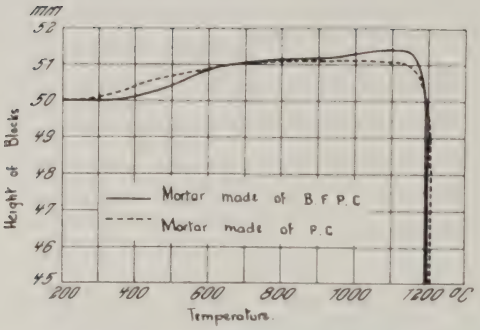
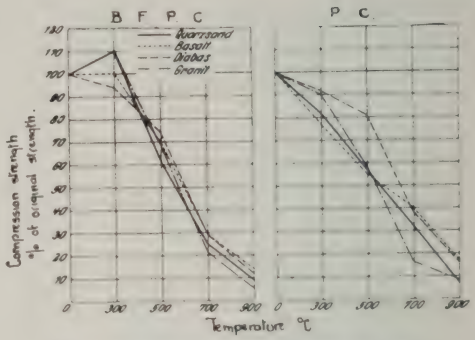


Fig. 8—Showing effect of high temperature on blocks of mortar 1 : 3 with quartz sand. B.F.P.C. = Blast Furnace Portland Cement. P.C. = Portland Cement.



Blocks were put into the heated furnace and cooled in the open atmosphere at ordinary temperatures (original compression strength taken as 100).

Fig. 9. — Compression strength of B.F.P.C. mortars and P.C. mortars with different aggregates (1 : 3) in relation to temperatures. B.F.P.C. = Blast Furnace Portland Cement. P.C. = Portland Cement.

per cent. with calcareous aggregate when heated to 500 deg. C. Experiments made by Steppes contradict this; Steppes found an increase of 15 per cent. when heating to 500 deg. C. with basalt aggregate. Contradictions may also be found in other literature. In connection with fire-tests made on two-story buildings, Gary found that concrete, whether affected by the fire or not, when made with basalt and granite, showed negligible reductions of com-

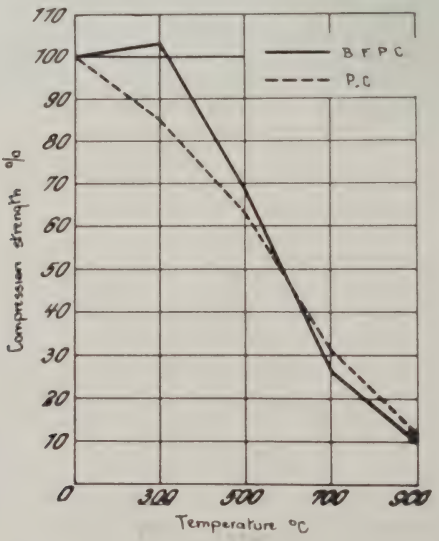


Fig. 10.—Influence of kind of cement on the compression strength of mortars heated to high temperatures. Mean compressive strength of mortars 1 : 3 with different aggregates. Original Compression strength taken as 100. B.F.P.C. = Blast Furnace Portland Cement. P.C. = Portland Cement.

pressive strength, while concrete made with gravel lost one-quarter of its original strength. At fire tests at the Gesolei in 1927 it was proved that compression strength decreased on an average by about 30 per cent. up to a depth of 4-5 inches, while the inside of concrete columns showed no reduction at all.

With results as contradictory as these it seemed desirable to test different cements and aggregates, using standard blocks and a specially-designed apparatus. This was all the more essential because tests made in America gave different results on the resistibility of aggregate from the German experiments. The experiments were to include quartz aggregate and limestone and blast-furnace slag; the latter seemed most essential, as the experiments on slag made by Endell showed a very slight and steady expansion only. The experiments were made with standard blocks, made up of the various aggregates with a maximum size of 5 mm. grouped according to the Fuller curve and the voids-volume curve and mixed in different ratios. The blocks were made as prescribed by the German Standard Specifications, and stored for seven days in a humid atmosphere and then heated. This was done in a gas furnace (Fig. 7) equipped with a blowing fan. The blocks were either taken out of the furnace when hot, or left to cool in the furnace. Chilling in water was also tried.

The tests for strength at high temperatures were made with blocks of Portland cement and gravel in the proportion of 1 to 3. The experiments were made in the Forschungsinstitut der Vereinigten Stahlwerke (Research Department of the United Steel Companies), and thanks are due to Professor Schulz and Dr. Hartmann for their assistance. The results are given in Fig. 8. The curves show that blocks made of Portland cement and blast-furnace Portland cement resist the specified load of 2 kg. per sq. cm. up to about 1,150 deg. C., and collapse only at this comparatively high temperature.

In order to investigate the influence of blast-furnace slag on cement, a puzzolanic cement was compared with a Portland cement. The puzzolanic cement was a blast-furnace Portland cement (B.F.P.C.) as described in Table I; the Portland cement (P.C.) is given in Table 2; Table 3 gives tensile and compression strength of the cements used. Quartz sand, basalt, diabase and granite were used as aggregate. Fig. 9 shows in most cases an increase of the strength at the beginning for concrete made of blast-furnace Portland cement, while Portland cement at 300 deg. C. in every case shows a reduction to 80-90 per cent. of the original strength. At higher temperatures granite gives the most unfavourable results in both cases. These results generally agree with those made at the Materialprüfungsamt (Institute for the Testing of Materials).

If one eliminates the influence of aggregate by adding up the figures obtained for various temperatures and taking the mean result, a curve as given in Fig. 10 is obtained. This definitely shows the increase in strength of blast-furnace Portland cement. This observation can obviously be explained by the hydraulic activity of blast-furnace slag as regards hardening, thereby causing an increase in strength.

The blocks made of blast-furnace Portland cement are shown in Fig. 11. The poor results of quartz-sand and granite can be seen. The reason for the reduction in compression strength can be found by checking the weight per unit of volume. The gradual decrease in this weight is seen in Fig. 12. The cause is no doubt the loosening of the whole structure, which can be seen in Fig. 14. A transparent microscopical section of a quartz sand block which had been heated to 1,100 deg. is shown.

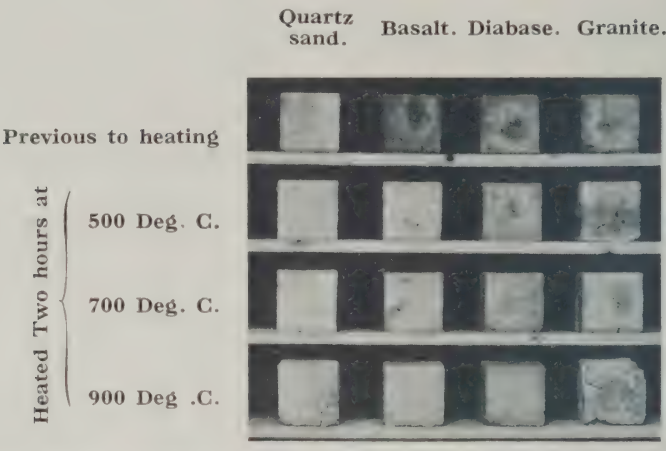


Fig. 11.—Blocks of mortars 1 : 3 made of Blast Furnace Portland Cements with different aggregates after heating for two hours at different temperatures.

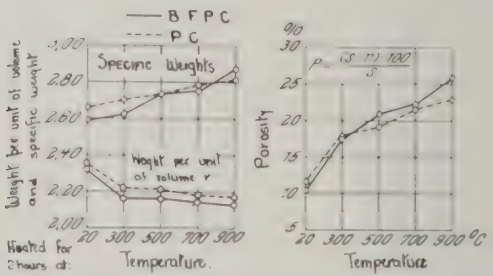


Fig. 12.—Change in weight per unit of volume and in specific weight and change in porosity of mortar made with quartz sand 1 : 3. B.F.P.C. = Blast Furnace Portland Cement, P.C. = Portland Cement.

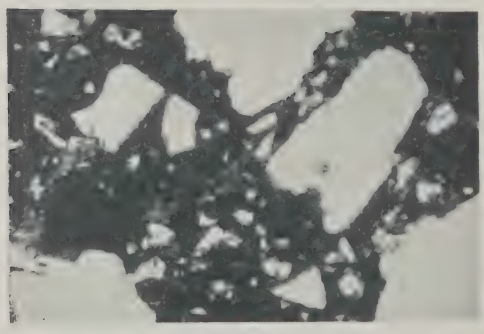


Fig. 13.—Transparent microscopic section of a mortar made with Blast Furnace Portland Cement and quartz sand previous to heating. (Enlarged fifty times, ordinary light.)

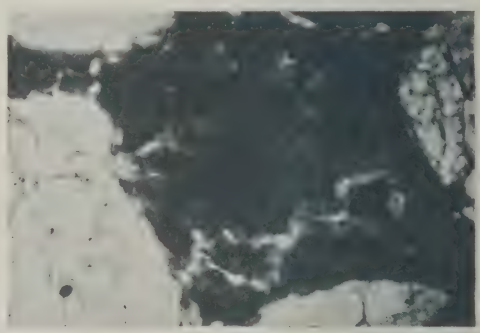


Fig. 14.—Transparent microscopic section of a mortar made with Blast Furnace Portland Cement and quartz sand after being heated for two hours to 1,000 deg. C. (Enlarged fifty times ; ordinary light.)

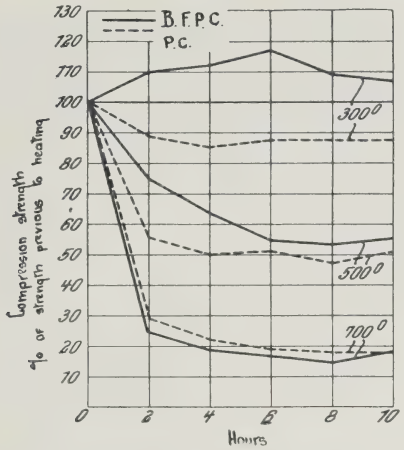


Fig. 15.—Influence of time of heating on the variation of compression strength of mortars made with Blast Furnace Portland Cement and Portland Cement 1 : 3 with quartz sand. Compression strength previous to heating taken as 100. B.F.P.C.=Blast Furnace Portland Cement. P.C.=Portland Cement.

In order to investigate the influence of the period of heating, blocks made with the same cement and the same aggregate were heated to 300 deg. C., 500 deg. C., and 700 deg. C. for up to ten hours. The compression strength was ascertained every two hours. The curves shown in Fig. 15 represent the results obtained. The increase of strength for blast-furnace Portland cement when heated to 300 deg. C. again can be seen; after only two hours a rise can be observed, and the curve then continues roughly horizontal. On the contrary, a decrease of strength occurs with Portland cement, although a maximum is also reached here after two hours.

At 500 deg. C. also the blocks made of blast-furnace Portland cement suffer less than Portland cement. The latter shows its maximum decrease

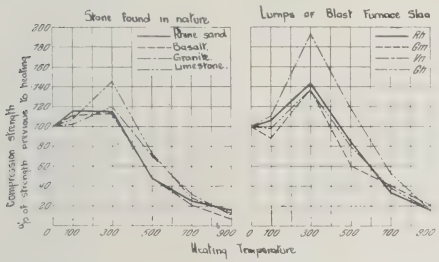


Fig. 16.—Influence of temperature on blocks made of Blast Furnace Portland Cement 1 : 4 with natural aggregate and lumps of Blast Furnace slag. The blocks were four days old (three days water, one day air) and were put into the cold kiln, heated two hours and cooled in the kiln.

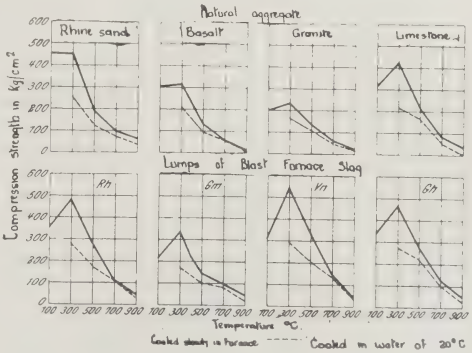


Fig. 17.—Influence of method of cooling on compression strength of mortar blocks made of Blast Furnace Portland Cement.

after four hours, while cement containing blast-furnace slag reaches its worst condition only after six hours.

When heated to 700 deg. C. a reduction in compression strength to 30 per cent. of the original strength takes place in the first two hours in the case of blast-furnace Portland cement. The lowest point reached after ten hours is 20 per cent. of the original strength. The curve for Portland cement is similar. In effect the result here proves that with intense heating deterioration is an optimum in a comparatively short time, with very little further decrease afterwards.

Blast-furnace slag was used to a greater extent in the tests to ascertain the influence of aggregates. The properties of the slags used are given in Table 4. The blocks were put into the cold furnace and heated, and then either left to cool in the furnace or chilled. The blocks were heated to 300, 500, 700 and 900 deg. C. respectively. A further set was heated to 100 deg. C. in steam. The results are given in Table 5 and Fig. 16.

With natural aggregates a slight increase in strength is observed at temperatures of 100 and also 300 deg. C., probably due to the use of blast-furnace Portland cement. When heated to 500 deg. C. the strength drops to 45-55 per cent. of the original amount. The greatest drop is experienced with quartz-sand and basalt, which show only 20-25 per cent. of their original strength at 700 deg. C. and 8-18 per cent. at 900 deg. C.

With blast-furnace slags it must be noted that those described as (Rh, Vn, Gh) were ordinary slags conforming with specifications, but slag (Gm) was particularly foamy and did not conform to specifications. Here the increase in strength at 300 deg. C. is considerably more marked than with natural aggregate, thereby proving that at such temperatures, where water has not yet left the concrete, a reaction takes place which causes hardening or solidifying. Nothing special is to be noted at 100 deg., but at 500 deg. C. a drop is observed. The decrease is, however, very slight, amounting in the case of the bad slag to about 40 per cent., while the good slags showed a decrease of about 20 per cent. only. Natural aggregates at the same point show decreases of 30-50 per cent.

At 700 deg. C. strengths of 30-50 per cent. are still maintained, while natural aggregate dropped to 20-30 per cent. At 900 deg. C. the deterioration is also not so marked as with natural material.

Some of the blocks just mentioned were taken out of the furnace while hot and put in cold water. Considerable loss of strength was observed. The results at temperatures from 300 deg. C. upwards are shown in comparison to blocks cooled slowly in Fig. 17. The figures show generally that the greatest losses occur at 300 deg. C. At higher temperatures, when the blocks have already deteriorated to a larger extent through heat, the proportionate losses are not so marked.

In order to investigate the influence of the size of the aggregate on the compression strength of concrete when heated, blocks were made not only according to the Fuller curve, but also following the voids-volume curve. Both curves are illustrated for the various aggregates in Fig. 19. The illustration shows that with the voids-volume curve the proportion of finer or smaller particles is higher. Tests were here made up to a temperature of 500 deg. C., and the results are given in Table 6 and Fig. 20. Here, too, an increase in strength can be noticed with a temperature of 300 deg. C. Blast-furnace slag again gives better results than natural aggregate. Favour-

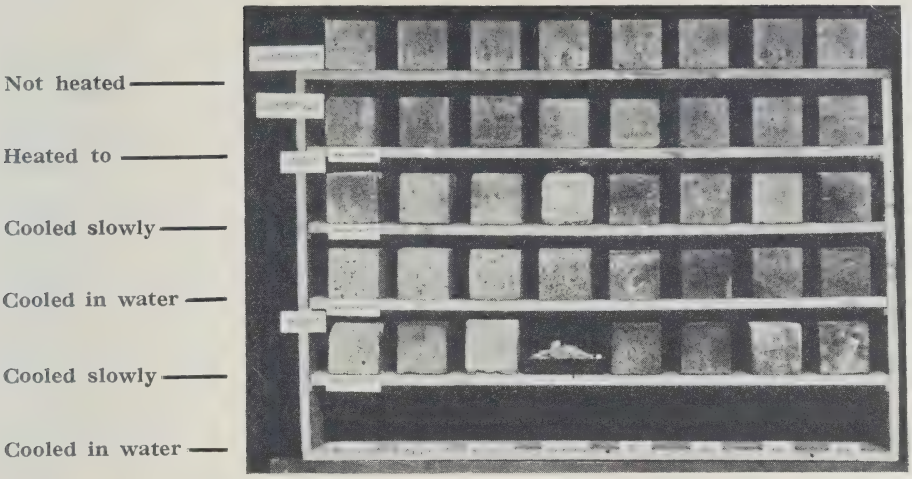


Fig. 18.—Blocks made of Blast Furnace Portland Cement 1 : 4 with natural aggregate and Blast Furnace slag after heating to high temperatures and slow cooling and chilling in water.

able results are obtained even at 500 deg. C., probably as a result of greater density of concrete.

Summary.

(1). STANDING TESTS.—Concrete stands up very well even at high temperatures. Collapse only occurs at about 1,150 deg. C. with a load of 2 kg. per sq. cm.

(2). INFLUENCE OF KIND OF CEMENT.—Cements containing puzzolana show better general results than Portland cement, and show increase in strength with temperatures up to 300 deg. C.

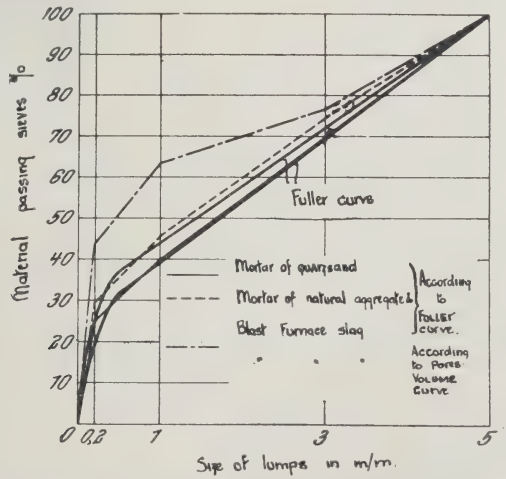


Fig. 19.—Sizes of aggregates from natural sources and Blast Furnace slag according to Fuller curve and P.-V. curve.

(3). INFLUENCE OF TIME OF HEATING.—The maximum influence is mostly reached already after two hours' heating.

(4). INFLUENCE OF THE KIND OF AGGREGATE.—Quartz aggregates, especially granite, give poor results. Limestone is better up to 700 deg. C. Blast-furnace slag is better than natural aggregate.

(5). INFLUENCE OF THE METHOD OF COOLING.—Sudden cooling in water causes marked deterioration, even at temperatures of only 300 deg. C. At 300 deg. C. concrete cooled in this way retains 30-50 per cent. and at 500 deg. C. 10-30 per cent. of its original compression strength. Strengths are of course lower in the case of 500 deg. C. than in the case of 300 deg. C.

(6). INFLUENCE OF SIZE.—An increase in the number of fine particles is of advantage.

(7). INFLUENCE OF TEMPERATURE.—This is illustrated in Table 7.

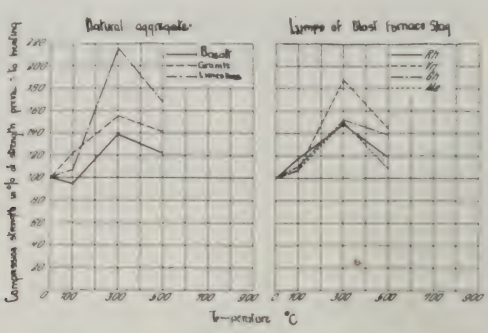


Fig. 20.—Dependence of compression strength on blocks made of Blast Furnace Portland Cements mixed according to the P.-V. curve

CONCLUSIONS.—Buildings which are to withstand the influence of high temperatures should be built with cement containing puzzolana, together with solid blast-furnace slag as aggregate. Limestone can be used with temperatures up to 500 deg. C. Quartz aggregate is to be avoided in any case.

TABLE 1.—Compression strength of blocks seven days old, made of blast-furnace Portland cement 1 : 3, with various aggregates, when heated to different temperatures for two hours.

	Quartz sand Kg/cm²	Basalt Kg/cm²	Diabase Kg/cm²	Granite Kg/cm²
Original strength	310	367	363	356
Heated 2 hours at 300° C. ...	342	366	342	389
,, ,, 500° C. ...	188	252	267	242
,, ,, 700° C. ..	78	107	104	75
,, ,, 900° C. ...	28	51	42	18

TABLE 2.—Compression strength of blocks seven days old, made of Portland cement 1 : 3, with various aggregates, when heated to different temperatures for two hours.

	Quartz sand Kg/cm²	Basalt Kg/cm²	Diabase Kg/cm²	Granite Kg/cm²
Original strength	362	386	397	474
Heated 2 hours at 300° C. ...	295	297	365	427
,, ,, 500° C. ...	208	214	320	277
,, ,, 700° C. ...	114	156	152	75
,, ,, 900° C. ...	24	64	63	37

14.2.6

TABLE 3.—Strength of cements.

Description	Tensile strength after days. Kg/cm²			Compression strength after days. Kg/cm²		
	7	28 W	28 kb	7	28 W	28 kb
B.F.P.C. A ...	26.5	35.0	38.5	286	383	446
P.C. W ...	23.0	29.5	48.0	336	437	498
B.F.P.C. R ...	29.5	33.0	37.5	367	478	557

W=stored in water; kb=combined storage; B.F.P.C.=blast furnace Portland cement; P.C.=Portland cement.

TABLE 4.—Chemical Analysis of Blast-Furnace Slag.

Description	SiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	CaS	$CaSO_4$
Rh	33.56	12.61	1.81	2.73	39.73	4.95	4.41	0.20
Gm	36.05	11.96	0.91	3.48	31.15	9.91	6.35	0.15
Vn	32.58	17.86	1.06	0.24	38.74	2.66	6.71	0.15
Gh	34.20	14.32	1.37	3.42	39.21	4.33	2.98	0.17
Me	32.82	15.62	1.80	3.67	36.65	4.64	4.65	0.15

(*Tables 5 and 6 are on page 442.*)

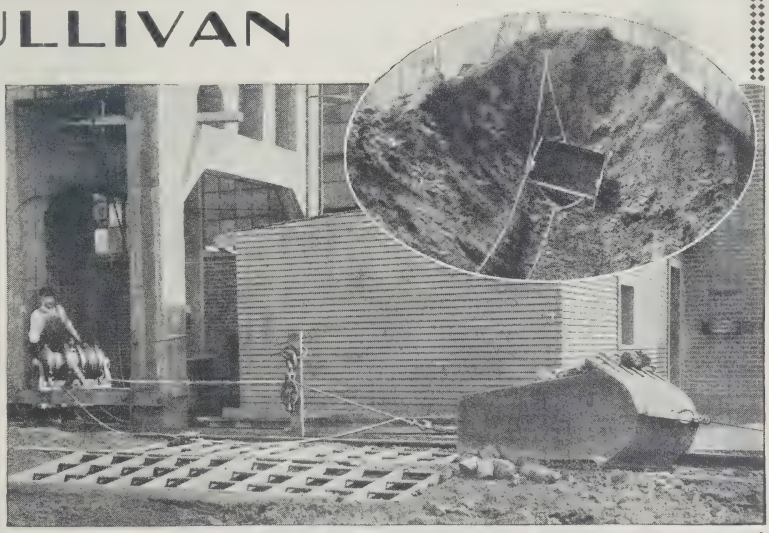
TABLE 7.—Percentage deterioration of original compression strength to be expected at various temperatures.

	Portland Cement.					Blast Furnace Portland Cement.				
Temp. °C.	400	500	700	900		100	300	500	700	900
Quartz sand	−18	−42	−70	−93	...	+16	+15	−52	−75	−84
Granite	−10	−42	−84	−92	...	+ 2	+20	−30	−70	−90
Basalt	−23	−45	−60	−83	...	+10	+14	−52	−80	−94
Diabase	− 8	−19	−62	−84	...	—	− 6	−26	−71	−88
Limestone	—	—	—	—	...	+ 8	+46	−28	−72	−90
Blast-furnace slag ...	—	—	—	—	...	+10	+38	−20	−67	−80
							+92	+20	−46	−86

SULLIVAN

Double-Drum
SCRAPER HAULAGES
for
handling all kinds of loose materials
RAPIDLY AND CHEAPLY

Ask for Catalogue 76 CM.



SULLIVAN MACHINERY COMPANY
(Incorporated in U.S.A. with limited liability)
Salisbury House, London Wall, London, E.C.2.

TABLE 5.—Compression strength in Kg/cm² of mortar made with blast-furnace Portland cement, natural aggregate, and lumps of blast-furnace slag. The grading according to the Fuller curve, mixing ratio 1 : 1. Heated for two hours to 100, 300, 500, 700 and 900 deg. C., cooled alternately quickly and slowly. The blocks used were four days old, having been stored for three days in water and one day in air.

		Natural aggregates.				Lumps of Blast Furnace Slag.			
		Quartz sand.	Basalt.	Granite.	Limestone.	Rh.	Gm.	Vn.	Gh.
Before heating ...		391	275	194	292 ...	334	245	281	339
After heating for 2 hours to:									
100°		454	306	199	314 ...	355	216	309	333
300°	cooled slowly	452	314	233	426 ...	482	336	543	466
	cooled quickly	256	210	165	219 ...	279	172	297	274
500°	cooled slowly	189	132	135	212 ...	279	146	335	272
	cooled quickly	126	96	108	166 ...	173	102	206	221
700°	cooled slowly	97	58	60	82 ...	111	98	149	127
	cooled quickly	73	56	48	52 ...	107	81	133	99
900°	cooled slowly	63	18	21	36 ...	49	48	41	49
	cooled quickly	35	13	15	0 ...	31	22	32	24

TABLE 6.—Compression strength in Kg/cm² of blocks made with blast-furnace Portland cement, natural aggregate, and blast-furnace slag 1 : 4 according to the voids-volume curve, heated for two hours to 100, 300, and 500° C., and cooled slowly. Age of blocks, four days (three days stored in water, one day in air).

	Natural aggregates.			Lumps of Blast Furnace Slag.			
	Basalt.	Granite.	Limestone.	Rh.	Vn.	Gh.	Me.
Before heating	203	193	214 ...	294	253	259	272
Heating for 2 hours to 100° C. ...	194	235	229 ...	346	272	284	292
" " 300° C. ...	283	300	463 ...	438	477	395	409
" " 500° C. ...	248	272	358 ...	351	362	357	294

Conveying
Elevating
Distributing

FULLER-KINYON CONVEYING SYSTEM

Dry Raw Material
Blending-Box Car
Loading & Unloading
Boats and Barges

Provides for the handling of any dry pulverised materials to maintain the most efficient flow through a manufacturing process with timed automatic and remote control for blending, mixing and distributing operations from a convenient central point. An illuminated signal panel indicates the operation of the system to the operator, who can make the desired changes in the sequence of operation by push-control.

The materials being handled include gypsum, bauxite, phosphate rock, sodium bicarbonate, raw and finished cement, alumina, pigments, hydrated lime, etc. .: .: *Write for complete information.*

Our engineers, experienced in handling pulverised materials, are at your service for suggesting simple solutions for your conveying problems.

E. CONSTANTIN

CIVIL ENGINEER,

105, RUE LAFAYETTE - PARIS.

Telegrams: - - "Fullencoy, Paris."

Sole Licencee (except for pulverised coal) for England and France.

Patentees: The Fuller Company, Catasauqua, Penna., U.S.A.

Cement Imported into the United Kingdom.

As from March 17th, 1930, all Portland cement imported into the United Kingdom must be marked with the name of the country of its origin. The Statutory Order of the Board of Trade governing imported cement is as follows: " It shall not be lawful to sell or expose for sale in the United Kingdom (as from March 17th, 1930), any imported Portland cement unless it bears an indication of origin.

" The indication of origin shall be printed or stamped, stencilled or otherwise painted or branded on any sack, bag, cask or other container in which the Portland cement is sold or exposed for sale.

" Goods to which this part of this Order applies shall bear the indication of origin therein provided on exposure for sale wholesale only if the person so exposing the goods is not a wholesale dealer.

" Nothing in this Order shall require any goods to which this part applies to bear an indication of origin at the time of importation."

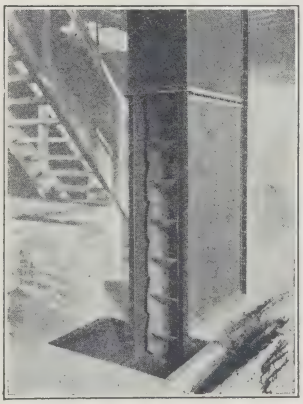
Properties of Cements as Regards Mortars and Concrete of Different Consistencies. H. Richarz. *Tonind. Zeit.*, Vol. 53, pp. 1619, 1636, 1658, 1929.

Tests made on a number of cements (Portland, iron-Portland, high-strength Portland, and fused) showed that no one cement was more suitable than the others for use in wet concrete or sprayed concrete. The fused cement appeared to give better results than the others, but owing to shortage of material this section of the work could not be carried to a definite conclusion.

"B.B." ELEVATORS

We supply complete Elevating and Conveying installations, also all parts and accessories.

The illustration opposite shows a typical " B.B." Continuous Bucket Elevator in work.



BAGSHAWE

DUNSTABLE. & Co., Ltd.

C.M.15.

Cement Patents.

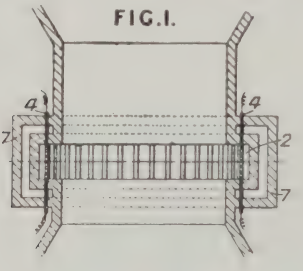
Cements. BADDER, H. C., 27, Southfield Road, Bedford Park, London. April 26, 1929, No. 19920.

Coloured hydraulic cements are made by fusing a pure base of Portland cement or of aluminous cement, or the like, together with metallic oxides, carbonates or other salts. A small proportion of fluxing material may also be added. The raw materials and colouring matter are very finely ground, for instance to pass a 200 per inch mesh sieve. The fused cement is run into moulds and subsequently ground. Examples of colouring matter are ferrous and ferric oxides, oxides of copper and cobalt, salts of iron, copper, manganese, cobalt and chromium, and earth pigments such as ochre, bole, sepia and brown umber. In some cases a proportion of finely ground metal may be added to overcome the effects of the caustic lime on the colours.

Electric kilns; cements, &c. FAWCETT, W., 36, Southampton Street, Strand, London. July 31, 1928, No. 22208.

Resistance furnaces; cements, Portland and Roman, processes and apparatus for making.—The rock materials to be fused or calcined are fed by forced draught through a zone heated solely by electric resistance elements (4) arranged around a stationary heating chamber. Suitable baffles or shields

FIG. I.



may be fitted to protect the elements and to guide the material. The resistance elements are arranged in the side walls of a recess (2) formed by enlarging the kiln diameter. An outer wall (7) is spaced from the circumferential wall of the recess and the intervening space is filled with asbestos. The heating elements are connected in series or parallel or in sets which may be so connected. A regulating device may be provided for selectively connecting the elements.

[The foregoing are taken from "The Illustrated Official Journal" (Patents) by permission of H.M. Stationery Office. Copies of full Specifications may be obtained from the Patent Office, 25, Southampton Buildings, W.C.2, price 1s. each.]

HANDLING F&C PLANT

ORE HANDLING with F&C-Robins EQUIPMENT

A plant for handling a particularly hard and abrasive iron ore on the Spanish Morocco coast. The duty is hard and continuous, so that a high efficiency and exceptional robustness are demanded of the handling equipment.

A typical Fraser & Chalmers - Robins Installation.

FRASER & CHALMERS ENGINEERING WORKS

PROPRIETORS THE GENERAL ELECTRIC CO LTD

ERITH KENT.

LONDON OFFICE: MAGNET HOUSE, KINGSWAY, W.C.2.

Associated with ROBINS CONVEYING BELT CO. of U.S.A.

VOLUME 3. NUMÉRO 3. MARS 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
LE JOURNAL INTERNATIONAL DU CIMENT EN QUATRE LANGUES.

PARTIE FRANÇAISE

PUBLIÉ PAR : CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ANGLETERRE.
Publié le 20 de chaque mois. Prix du numéro, 2 schellings.
Abonnement annuel, 24 schellings (Frs. 150), franco.

La transmission de l'énergie dans les usines de ciment.

par W. GOODYEAR.

LA fabrication du ciment Portland absorbe une grande quantité d'énergie, la consommation variant entre 60 et 120 kw heure environ par tonne de produit fabriqué; toutefois cette consommation dépend en premier lieu de la nature de la matière première et du degré de pulvérisation du produit fini. On a rapporté des chiffres plus éléves, atteignant jusqu'á 160 kw heure par tonne, mais ce sont là des cas isolés.

Une grande proportion de l'énergie est absorbée par le fin broyage des matières premières et du produit fini; cependant, pour les autres unités la consommation va en croissant, et d'une manière continue, le fait étant dû à l'introduction des procédés tendant à économiser la main d'œuvre. Dans la plupart des endroits on trouve de l'énergie électrique disponible et à bon marche; ceci, joint au fait de l'introduction des moteurs électriques pour actionner les unités de fabrication tend, de plus en plus, à imposer l'électricité comme source d'énergie. Ces facteurs tendent également à éliminer les procédés de transmission purement mécaniques, en accouplant les moteurs plus ou moins directement avec les différentes machines. Toutefois, comme l'accouplement direct, sans engrenages de transmission ni réduction de vitesse ne se fait qu'avec les ventilateurs et machines similaires possédant une grande vitesse de rotation, on conçoit l'intérêt considérable que présente le sujet de cet article.

Au temps où les usines de fabrication étaient encore petites, que la production ne dépassait guère 1000 t par semaine dans chacune d'elles, toutes les unités absorbant de l'énergie étaient groupées autour de deux ou trois unités génératrices d'énergie, ce qui donnait à l'usine une forme condensée tout en assurant une transmission hautement efficace. Avec l'avènement de l'électricité comme source d'énergie, la transmission devenait plus simple, l'usine pouvait être facilement décongestionnée, tout en permettant de réaliser des groupements ou des dispositions mieux adaptés aux besoins de l'usine. Avec les moyens électriques, la transmission pouvait être plus facilement répartie et en même temps les usines étaient susceptibles d'agrandissement.

Avec des machines de faible vitesse rotatoire du type horizontal, on obtenait un rendement mécanique maximum de 90 à 92%, la transmission principale étant effectuée généralement par cordes entre le volant et une poulie calée sur l'arbre du moulin broyeur. Avec les machines à vitesse rotatoire élevée du type vertical fonctionnant sous lubrification forcée, on obtenait un rendement maximum de 92 à 93%, mais la transmission de l'énergie de l'arbre à grande vitesse à l'arbre du moulin broyeur tournant à faible vitesse ne s'est pas révélée, en l'occurence, d'une grande facilité.

La méthode ordinaire de transmission de l'énergie dans n'importe quelle industrie se fait par corde, courroie, chaine, engrenage ou par l'électricité. Sauf quelques rares exceptions, une transmission par corde, courroie, chaîne ou engrenage est exigée pour chaque unité. Toutefois, la transmission électrique directe est quelquefois possible sous certaines conditions et dans des cas spéciaux.

Les cordes et courroies sont employées généralement là où l'on a affaire à de grandes vitesses de rotation. Elles constituent un élément de transmission élastique mais ne peuvent être employées d'une manière satisfaisante que dans les machines à couple moteur constant. Quand ce couple n'est pas constant, il faut adapter à la machine un volant ou quelque autre organe réalisant le même effet. Une corde ou une courroie ne pourraient convenir dans le cas où la charge de la machine aurait à subir des variations brusques sans qu'il existe de volant ou d'autre organe équivalent.

Cordes de transmission.—Les cordes transmettant l'énergie doivent être en coton. Elles peuvent occasionnellement être en chanvre et manille, mais celles-ci durent beaucoup moins longtemps et exercent un frottement plus considérable que les cordes de coton. Ces dernières se font soit en trois, soit en quatre torons, avec un toron de tension ou sans ce dernier, quoique ces deux variétés trouvent chacune des partisans convaincus, il n'est pas invraisemblable que l'une quelconque d'entre elles, employée pour un même travail et sous les mêmes conditions ne puisse durer aussi longtemps que l'autre tout en réalisant une économie égale.

En vue de garantir des conditions de travail raisonnables, un rapport minimum doit exister entre le diamètre de la poulie et celui de la corde qui communique le mouvement. La plupart des fabricants ont attribué à ce rapport une valeur type égale à 30, valeur jugée convenable. L'expérience montre, cependant que ce rapport peut être réduit de quelques unités dans le cas des cordes de petit diamètre, et qu'il peut être augmenté avantageusement dans le cas des cordes de grand diamètre. Ce qui veut dire qu'une corde de 10 mm de diamètre peut fonctionner aussi bien sur une poulie de 33 cm ou de 35 cm de diamètre au lieu d'une poulie de 40 cm de diamètre; mais qu'une corde de 5 cm de diamètre assurera un travail meilleur sur une poulie de 165 cm ou 177 cm de diamètre que sur une de 152 cm valeur type.

La vitesse la plus usuelle, et probablement la plus économique, qu'on doive donner à la corde est de 1400 m à 1500 m par minute. Si les deux poulies sont grandes, cette vitesse peut être augmentée en toute sécurité jusqu'à 1800 m et même 2 000 m par minute. Toutefois les cordes doivent satisfaire aux conditions exigées pour de telles vitesses. Quand des cordes fonctionnant à grande vitesse sont adaptées à des poulies de petit diamètre, l'action centrifuge de la corde qui s'engage sur la poulie plus petite réduit l'arc de contact, de sorte qu'un effet de glissement se produit, provoquant l'usure prématurée de la corde; la transmission de l'énergie demandée pourrait même devenir impossible si l'on ne donnait aux cordes un forte tension. On doit disposer autant que possible en bas le brin conducteur tendu de la corde, de

sorte que s'il se produit un relâchement, l'arc de contact se trouve augmenté. Si on dispose le brin conduit, qui est lâche, en bas, l'arc de contact deviendrait plus petit.

Dans les poulies, la forme des gorges ainsi que la diamètre effectif des différentes gorges constituent des facteurs importants influant sur la durée de fonctionnement d'une corde de transmission. Si la forme des gorges est exactement la même partout, la corde finira graduellement par se modeler sur cette forme. Si la forme des gorges d'une poulie diffère de celle des gorges de l'autre poulie, les cordes ont à se remodeler toutes les fois qu'elles s'engagent sur chaque poulie. On ne saurait accorder une trop grosse importance à la taille des gorges dans les poulies à cordes.

Le pouvoir de transmission des cordes pour une vitesse de 1460 m par minute est donné dans le tableau I. Pour des vitesses inférieures, le pouvoir de transmission sera diminué dans le même rapport. Pour des vitesses légèrement plus élevées, le pouvoir de transmission de la corde diminue probablement faiblement accélérée. Il diminuerait rapidement pour des vitesses de 1800 m à 2000 m par minute. Cette diminution est régie principalement par le diamètre de la plus petite des poulies.

Tableaux I.

Pouvoir de transmission de l'énergie des cordes de coton ayant une vitesse de 1460 m par minute.

Diamètre de la corde (en cms) ...	1,25	2,0	2,50	3,10	3,75	4,50	5,0	5,75	6,50
Energie en C.V. par corde	4	8,8	15,5	24	35	47	62	80	95

La méthode de transmission par corde convient parfaitement, et se montre d'une grande efficacité dans la transmission entre deux arbres tournant à faible vitesse, au moyen de roues de grands diamètres. Comme cette méthode ne pourrait se réaliser avec des cordes en croix, les deux arbres tourneront dans le même sens.

La distance des centres des deux arbres dépend généralement des conditions d'installation. Dans le cas d'une courte distance, les conditions atmosphériques pourraient détériorer la corde et une atmosphère humide provoquerait sa contraction, ce qui endommagerait constamment la corde. Si, d'un autre côté la distance est trop longue, une détérioration pourrait avoir lieu, causée par un relâchement excessif; de plus, les cordes ont une tendance à se tordre et l'emploi de peignes s'imposerait alors. Une bonne dimension pratique pour l'espacement des centres des arbres s'obtiendrait en multipliant par 2,5 la somme des diamètres des deux poulies.

Il n'y a aucune limite pratique à imposer à la quantité d'énergie pouvant être transmise par un groupe de cordes. It est facile de transmettre d'une manière efficace de grandes quantités d'énergie par cette méthode. Le roulement se fait sans grand frottement, le rapport des vitesses est pratiquement constant, et la détérioration par l'usage est très faible. Un examen des données pratiques montre qu'il est possible de transmettre, par unité de largeur de poulie des quantités d'énergie plus considérables avec des cordes de grand diamètre qu'avec des cordes de petit diamètre. Avec des poulies principales de 2 m 50 de largeur et une vitesse de corde de 1460 m par minute, il serait possible, sous certaines conditions de transmettre 2000 C.V. en employant des cordes de 5 cm de diamètre, mais il serait possible de transmettre, avec la même marge et sous les mêmes conditions 1000 C.V. seulement en employant des cordes de 2 cm 5 de diamètre.

La limitation de la vitesse de corde, et la fixation 30 à 1 du rapport $\frac{\text{diamètre de poulie}}{\text{diamètre de corde}}$ déterminent automatiquement la vitesse maximum à laquelle peut tourner un arbre actionné par une corde de transmission. Avec des cordes de 2 cm 5 et de 5 cm de diamètre, les vitesses les plus élevées seront de 305 et de 155 tours par minute respectivement. Ce principe, étendu à toutes les grosseurs usuelles de cordes donne les résultats inscrits dans le tableau No. 2.

TABLEAU II.

Diamètre de corde (en cms) ...	1,25	2,0	2,50	3,0	3,75	4,50	5,0	5,75	6,50
Vitesse max. de l'arbre (en tours par min)	610	420	305	245	205	178	155	135	120

Courroies de transmission.—Disons tout de suite en passant à l'étude de la transmission par courroies que ce mode de transmission occupe une place secondaire à côté de la transmission par cordes. Il est vrai que les transmissions principales sont quelquefois effectuées au moyen de courroies, mais ce mode de transmission n'a pas été adopté sur une grande échelle. Les courroies et les bandes sont employées utilement pour des transmissions simples ou secondaires; on peut réaliser à bon marché une transmission par courroie là où l'on a affaire à une petite quantité d'énergie à transmettre. La plupart des règles relatives à l'emploi des cordes de transmission peuvent s'appliquer aussi avantageusement aux courroies.

En ce qui concerne la vitesse, nous disons qu'une vitesse de 1200 m à 1400 m par minute est très économique et convient parfaitement pour les transmissions principales, pourvu qu'on ait affaire à des poulies de grand diamètre et à des courroies de faible force centrifuge. Dans le cas des transmissions secondaires, on peut maintenir avantageusement la vitesse autour de 600 ou 750 m par minute; on peut encore l'abaisser davantage pour des transmissions de moindre importance. Dans les cas où le changement de vitesse se fait à la main la vitesse doit être maintenue à un très bas degré.

En ce qui concerne l'épaisseur des courroies, le rapport entre cette épaisseur et le diamètre de la poulie à laquelle la courroie est adaptée est un facteur aussi important qu'il l'a été pour les cordes de transmission. Dans le cas des poulies et des cordes, nous avions donné à ce rapport la valeur 30 à 1. Ici, il serait plus avantageux de prendre le chiffre 40 ou même 48 pour le rapport entre le diamètre de la poulie et l'épaisseur de la courroie.

Quand en entreprend la confection d'une courroie de transmission on doit considérer les facteurs qui y interviennent dans l'ordre de succession suivant: (1) Energie à transmettre; (2) vitesse maximum convenable, ou économique; (3) surface de la section droite de la courroie; (4) largeur de la courroie par rapport à l'épaisseur; à son tour l'épaisseur doit être considérée dans son rapport avec le diamètre de la poulie. Il faut voir également si la courroie est adaptée pour un mouvement direct ou un mouvement croisé.

La grosseur de la plus petite poulie raccordée par une courroie de transmission influe pour une part importante dans la valeur de l'énergie qu'elle peut transmettre. Le diamètre de la poulie doit être assez petit et la vitesse de la courroie assez élevée pour que la courroie soit capable de toucher à peine la poulie en s'enroulant autour d'elle. La courbe, fig. 1 (page 404) a été dessinée pour indiquer l'importance du diamètre de la poulie par rapport à la transmission de l'énergie. On peut compter sur la valeur documentaire de cette courbe étant donné qu'elle a été contrôlée par des mesures relevées sur plusieurs courroies.

Le rendement d'une transmission par corde pourrait atteindre 98%, pourvu que toutes les conditions—vitesse de la corde par rapport au diamètre de la plus petite poulie, distance des centres de rotation; tension de la corde, forme des gorges; force de la corde, etc.—soient favorables. La quantité dont le rendement pourrait tomber au-dessous de 98% dépendra de l'influence exercée par chacun de ces facteurs.

Le rendement d'une courroie de transmission dépend: (1) de l'épaisseur de la courroie par rapport au diamètre de la plus petite poulie; (2) de la vitesse de la courroie par rapport au diamètre de la plus petite poulie; (3) de l'arc de contact entre la courroie et la plus petite poulie; (4) de la traction totale sur les deux brins de la courroie; et (5) de la nature de la surface de contact. Il est possible que le rendement puisse atteindre une valeur maximum de 98%, on ne saurait toutefois indiquer un chiffre pour le rendement minimum. L'atmosphère poussièreuse d'une usine de ciment fait qu'il est souvent difficile de maintenir la surface de la courroie en bon état.

Dans cet ordre d'idées nous mentionnons la courroie de transmission Lennix. Un diagramme montrant la disposition de cette courroie est représenté, fig. 2 (page 405). Dans la courroie Lennix l'arc de contact normal entre la courroie et la plus petite poulie est augmenté par l'adaptation d'une poulie intermédiaire sur laquelle s'applique le brin conduit de la courroie à l'endroit où celle-ci atteint ou quitte la poulie conductrice ou la poulie conduite, suivant que l'une ou l'autre se trouve être la plus petite. La pression effective exercée par cette poulie intermédiaire peut être réglée de telle façon que la pression de la courroie sur la poulie conductrice ainsi que la tension de transmission puissent se conformer automatiquement à toute variation de la traction ou de l'énergie transmise. Ce caractère d'automaticité, adjoint au fait que tous les autres facteurs avaient été choisis de façon appropriée doit donner un rendement supérieur. Toutefois, nous n'avons pas sous les yeux pour la moment des chiffres précis. Le dispositif Lennix rend possible, et d'une manière satisfaisante, l'emploi de courroies raccordant des poulies dont les centres se trouvent très rapprochés et qui possèdent une différence énorme entre leurs diamètres. Une réduction de la vitesse dans le rapport 8 à 1 et même 10 à 1 est pratiquement possible entre des poulies de centres très rapprochées au moyen de la transmission Lennix, ce qui donne à ce mode particulier de transmission une valeur considérable à plusieurs points de vue.

L'effort de traction exercé sur les coussinets et résultant d'une transmission par courroie est presque le même que celui exercé par une corde de transmission, et peut même être plus grand que ce dernier. On doit donner aux coussinets des proportions et une fabrication en conséquence. En plus de la traction simple exigée pour la transmission de l'énergie, une pression additionnelle est indispensable dans les courroies pour empêcher tout glissement.

Chaînes de transmission.—On emploie de plus en plus dans la pratique récente les chaînes comme moyen de transmission. Il est à peine besoin de dire que les facteurs principaux à considérer dans la transmission par chaînes sont à l'opposé de ceux envisagés dans la transmission par cordes et par courroies. Pour les derniers, nous avions affaire à des cordes ou des courroies relativement légères, transmettant de petites forces, avec une vitesse très élevée. Dans la transmission par chaînes, nous aurons affaire à des chaînes massives, transmettant des forces de valeur élevée avec un vitesse relativement basse. Ainsi, l'expérience acquise dans les premiers modes de transmission ne pourrait servir en rien à l'étude de la transmission par chaînes, étant donné que les principes observés diffèrent totalement du premier cas à l'autre.

Il existe deux types principaux de chaînes de transmission. Le premier est le vieux type de chaînes grossières à grand pas analogues à celles adoptées dans le convoyeur à chaînes, l'élévateur à chaînes et dans les appareils analogues. Les mailles sont en fonte (malléable) ; la chaine s'engage sur des hérissons en fonte (dont les dents ont été trempées) ou en acier au manganèse. Ce type de chaîne a servi et servira probablement dans une large mesure. Toutefois, la vitesse et la force de traction doivent y être maintenues à des valeurs relativement basses. Les fabricants accordent habituellement une vitesse maximum de 300 m à 360 m par minute pour les chaînes de cette catégorie, mais les chaînes doivent être dans de bonnes conditions pour supporter ces vitesses. L'effort de traction effectif doit être autant que possible constamment uniforme ; de plus il ne doit pas y avoir de chocs brusques ni de danger d'obstruction, car dans de tels cas la chaîne peut probablement se rompre. Ce type de chaîne convient parfaitement pour beaucoup d'usages, mais nous ne pouvons le considérer comme un organe capable de transmettre de grosses quantités d'énergie.

Le second type de chaînes est mieux conçu à tous les points de vue ; la structure en est complètement différente ; le pas y est beaucoup plus petit et uniforme ; sa fabrication a été réalisée avec une précision remarquable, ce qui fait que ce type constitue un outil de grande classe. Les dents des roues sur lesquelles s'engage la chaîne sont également taillées à la machine dans les meilleures conditions de précision. Ces chaînes conviennent à la transmission de grandes quantités d'énergie avec des vitesses de rotation relativement élevées. On peut donner à cette vitesse des valeurs de 600 m par minute et au-dessus, pourvu que l'on se mette dans de bonnes conditions, appropriées à ces vitesses.

Ce type de chaînes trouve de nombreux usages dans l'industrie de la machine-outil et les industries de travail du bois. Dans certaines conditions, on en enferme plusieurs groupes dans une même boîte d'engrenage, réalisant ainsi des transmissions à vitesse variable. En ce qui concerne l'industrie du ciment, les chaines de ce type peuvent être utilisées comme un organe de changement de vitesse, transmettant l'énergie, soit d'un arbre à faible vitesse à un arbre à vitesse élevée, soit réciproquement. Cette transmission peut se faire avec n'importe quel couple d'arbres dont les centres se trouvent très rapprochés ; ces centres peuvent même être tellement rapprochés que les sommets des dents arrivent presque à se toucher. Les supports des arbres doivent être très rigides, les coussinets rapprochés des roues. La chaîne et la roue dentée doivent être, dans la mesure du possible, enfermées dans une boîte complètement fermée avec adaptation d'un système perfectionne de lubrification à l'huile.

Roues d'engrenage.—La transmission de l'énergie par roues dentées est d'usage constant. Elle est l'une des plus vieilles méthodes de transmission connues ; les élévateurs, convoyeurs, toutes les sortes de broyeurs, sécheurs, fours, refroidisseurs, etc., sont habituellement actionés au moyen de ce mode d'engrenage. Au début, on fabriquait les roues dentées en les coulant dans des moules complets, ou en les modelant partiellement au moyen de la machine à mouler ; les deux méthodes ont eu leurs détracteurs ; on a imposé une limite supérieure à la quantité d'énergie susceptible d'être transmise et à la vitesse à laquelle les roues doivent tourner.

Quand on veut obtenir des vitesses plus élevées et un fonctionnement sans à-coups, sous certaines conditions et pour certaines opérations, on fait engrener une roue d'ordinaire en fonte, ayant ses dents en saillie, avec une roue ayant des dents en bois (comme le système tenon-mortaise). On a réussi à transmettre jusqu'à 100 C.V. avec des couples de roues adaptées de cette façon ;

la vitesse du cercle de contact pouvait être maintenue à une valeur élevée, mais la pression sur les dents devait rester faible. De plus, les dents en bois devaient être fréquemment renouvelées. L'avantage de ce mode d'engrenage consistait en ce qu'il était silencieux, et que la question de la lubrification s'y montrait de faible importance.

Par la suite, on introduisit l'emploi de l'engrenage en acier fondu, coulé dans des moules ou formé à la machine. Les roues dentées faites en ce métal cassaient rarement mais souvent s'usaient rapidement à cause d'une lubrification insuffisante; ces roues faisaient aussi beaucoup de bruit. Un grand perfectionnement fut réalisé quand on introduisit l'emploi de machines à tailler les dents.

A cause de l'inexactitude existant dans le pas de la roue dentée, il ne faudra pas, en pratique, dépasser la vitesse de 500 m à 550 m par minute avec des roues en fonte formées soit au moule, soit à la machine; même à ces conditions le maintien de la pression sur les dents à une faible valeur pourrait être rendu nécessaire. Si la vitesse ou la pression sont trop élevées, le choc causé par l'inexactitude du pas provoquera la rupture de plusieurs dents; si on remplace la fonte par de l'acier fondu, il n'y aura pas de dents cassées mais le bruit sera plus fort. Le bruit ne constitue pas par lui-même un inconvénient, mais il indique qu'il y a choc, accélération ou diminution du mouvement, et par conséquent usure excessive, de sorte qu'on a intérêt à le réduire ou même à l'éliminer entièrement. On doit apporter tous les soins désirables à l'obtention d'un pas aussi rigoureux que possible.

Un progrès immense fut réalisé avec la taille des dents à la machine. Ce progrès amena la possibilité de vitesses plus élevées et de pressions sur les dents plus fortes; il en résulta un fonctionnement silencieux, de plus on put adapter avec succès une lubrification efficace. Ces progrès nécessitèrent une meilleure installation des travaux avec un entretien plus poussé. Le coût de l'installation est devenu nécessairement plus élevé mais de plus grandes quantités d'énergies deviennent transmissibles, la durée de fonctionnement est devenue plus grande et le rendement économique plus élevé.

Nous donnons ci-dessous des chiffres typiques, et encore actuels, relevés sur un type de broyeur ancien mais d'usage très courant, actionné au moyen d'engrenages en acier fondu, formés à la machine ou dans des moules. Ces chiffres, comparés à ceux obtenus avec un type relativement nouveau de broyeur, actioné au moyen d'un engrenage en acier taillé à la machine nous montrent les progrès accomplis et les possibilités qu'on peut envisager pour la construction et le fonctionnement des engrenages. Le vieux broyeur était actionné au moyen d'une roue dentée en fonte ayant 100 dents, un pas de 7 cm 24 une largeur de 25 cm 5 tournant à la vitesse de 26 tours par minute et absorbant une puissance résistante de 100 C.V. La vitesse sur le cercle des dents était de 190 m par minute et la pression sur les dents de 95 kg par cm de largeur. Le nouveau broyeur est actionné au moyen d'une roue en acier fondu possédant 139 dents, un pas de 8 cm 76 une largeur de 31 cm 3; cette roue fait 24,5 tours par minute et absorbe une puissance résistante de 750 C.V. La vitesse sur le cercle des dents approche 300 m par minute et la pression sur les dents atteint 360 kgs environ par cm de largeur. Le premier engrenage était du type ouvert et se lubrifiait à la graisse. Le second est complètement enfermé et se trouve enveloppé d'un bain d'huile. La durée de fonctionnement de ce dernier promet d'être énormément plus longue que celle du premier, malgré l'effet de destruction créé par les conditions de pression et de vitesse.

Engrenages actionnant les fours.—Nous pourrons mentionner spécialement les engrenages employés pour actionner les fours. Ils sont invariablement en acier fondu. Dans le premier couple d'engrenage la pression sur les dents est

sensiblement faible, mais elle peut atteindre dans le dernier couple des valeurs élevées de l'ordre de 700 à 900 kgs par cm de largeur; la vitesse dans le dernier couple est très faible. Ces engrenages sont d'ordinaire formés au moule ou à la machine et on en emploie habituellement trois à quatre couples. En admettant que chaque couple d'engrenages puisse posséder un rendement de 87,5%, et que le rendement de l'accouplement d'un arbre avec une roue dentée de 85%, le rendement total du train d'engrenage serait de 50% (le rendement augmente quand les engrenages acquièrent une bonne surface et lorsqu'une faible usure s'est seulement déclarée). Si on avait installé dès le début des engrenages taillés à la machine, on aurait eu des chiffres qui, comparés avec les premiers, auraient donnés 97%, 94,5% et 79% respectivement.

La transmission de l'énergie par l'électricité.—L'usage de l'énergie électrique comme moyen de transmission se généralise de plus en plus, et la pratique concernant la distribution de l'électricité entre actuellement dans une phase totalement différente. A l'origine, on groupait les unités de fabrication autour de l'unite productrice d'énergie, cette disposition constituant souvent une entrave à la bonne marche de la fabrication. La faculté d'actionner les unités de fabrication par l'électricité permet de donner à ces dernières une disposition appropriée au travail de chacune d'elles.

Avec l'achat en gros de l'énergie électrique, le courant alternatif étant le plus fréquemment employé, le choix des types de moteurs doit recevoir un soin particulier. Il est un fait que des machines à cage d'écureuil et à grand couple moteur sont devenues d'usage courant pour des puissances ne dépassant pas 20 C.V., à condition que le courant de démarrage nécessaire ne puisse pas trop surcharger la source qui fournit l'énergie. On a recours à des machines à anneau glissant pour des puissances plus élevées, ainsi que dans le cas où l'on aura besoin de pouvoir agir sur le couple de démarrage et sur la vitesse. Avec le courant continu, ce controle ainsi que le réglage de la vitesse sont facilement réalisables. Cependant il existe des objections s'opposant à l'emploi du courant alternatif.

Les moteurs électriques sont, en général des unités à vitesse élevée; dans la plupart des cas, il est indispensable d'interposer un système réducteur de vitesse entre le moteur et l'unité qu'il actionne. Si le rapport de la réduction est faible, de l'ordre de 6 à 1 par exemple, on peut utiliser pour cette réduction un engrenage par roue dentée. Si le rapport de réduction varie entre 10 à 1 et 30 à 1 on doit utiliser alors un engrenage par roue dentée double, ou un engrenage par vis sans fin et roue dentée. Ces unités de réduction de vitesse conviennent parfaitement et s'adaptent facilement à l'endroit où on les dispose. Les instruments qui les commandent peuvent être groupés à l'endroit voulu (loin du moteur).

On peut trouver convenable dans certaines conditions d'accoupler directement le moteur avec l'unité qu'il actionne au moyen d'un accouplement flexible. Dans ce cas on peut faire usage d'unités réalisant des vitesses élevées pour actionner les ventilateurs, souffleries, pompes centrifuges, etc. On peut également accoupler de la même manière des moteurs à faible vitesse avec les arbres des broyeurs à boulets, des broyeurs tubulaires, etc., ce qui permet de mettre en tout un seul engrenage. Il faut mentionner toutefois, qu'avec les moteurs de faible vitesse, le facteur de puissance, et par suite le rendement, est très inférieur à celui réalisé dans les machines de vitesse élevée. Si le moteur a une grande capacité et si on dispose des conditions garantissant son bon fonctionnement, on doit employer une machine du type auto-synchrone susceptible d'élever le facteur de puissance à la valeur qu'on désire.

Une autre méthode consiste dans l'emploi de moteur à engrenage intérieur (un moteur à vitesse élevée aménagé avec un engrenage réducteur de vitesse simple, double ou même triple contenu dans l'enveloppe même du moteur) accouplé à l'arbre qui doit tourner à faible vitesse et auquel on peut donner par conséquent la vitesse voulue. Ces unités trouvent de plus en plus un usage courant sur le Continent. Les parties actives de l'engrenage se font en un alliage d'acier, durci et poli. Les coussinets sont adaptés avec un roulement à billes. L'unité, au total, constitue un outil de grande classe et fonctionne avec un rendement total (électrique et mécanique) de 90 à 92%, et une réduction de vitesse permettant de passer de la valeur de 1500 tours par minute jusqu'à n'importe quel chiffre désiré, inférieur à 20 tours par minute.

Conclusion.—Ayant ainsi passé en revue ces différents modes de transmission, une question se pose naturellement: " Quel mode semble être le meilleur et lequel fournit le meilleur rendement?" Les conditions de l'emplacement, ainsi que le travail à effectuer déterminent habituellement le type de l'organe de transmission à employer, quoiqu'un choix soit quelquefois possible. On ne doit pas perdre de vue le facteur rendement; on ne doit pas, cependant attacher une trop grande importance à l'obtention de rendements élevés, car la réalisation de ces derniers n'est pas souvent économique. Nous avons déjà étudié le rendement relatif aux cordes et courroies de transmission et il semble qu'il est possible d'atteindre des chiffres élevés, jusqu' à 98%, quand le travail s'effectue à plein rendement et dans les meilleures conditions possibles.

Quand on emploie des chaînes de transmission, on doit faire une différence entre les chaînes de construction soignée et les chaînes grossières. La transmission effectuée par des chaînes de haute précision s'engageant sur des dents taillées à la machine et complètement enfermées, avec un bain lubrifiant donne un rendement du même ordre que celui donné par un seul couple de roues dentées, taillées à la machine, soit 98%. D'un autre côté, avec une chaîne dont les mailles sont en fer malléable, s'engageant sur des dents à surface rugueuse d'une roue dentée en fonte, la valeur du rendement sera très faible surtout quand c'est du matériel neuf. Ce dernier type de chaîne est plutôt un organe d'opportunité qu'un véritable organe de transmission de l'énergie. Avec les engrenages, on peut avoir un rendement très élevé ou très faible; ce rendement dépend de la forme du profil des dents, de l'uniformité du pas des dents, du poli des surfaces de contact, de la densité de pression sur les dents et de la qualité de la lubrification. Un engrenage de grande classe, complètement enfermé, avec un bain lubrifiant, réduisant la vitesse dans le rapport de 5 à 1, par exemple, et fonctionnant dans de bonnes conditions générales, donnera un rendement de 98 à 98,5%. Un engrenage double ou triple, de réduction de vitesse, complètement enfermé, et appartenant à la même classe que le précédent donnera, dans les meilleures conditions un rendement respectif de 96,5 à 97,5% et de 95 à 96%.

D'un autre côté, les engrenages à surface rugueuse, formés au moule à la machine, auront un rendement très faible, de l'ordre de 85%, et pouvant aller jusqu'a 90%; les engrenages très usés ou lourdement chargés ont un rendement du même ordre de valeur. Dans les pires conditions, ce rendement pourrait baisser jusqu'à 80% ou même 75%.

Le rendement d'un engrenage conique, du type enfermé dans une boite peut être de l'ordre de 95% (nous n'avons pas à notre disposition des chiffres précis qui s'y rapportent), mais le rendement d'un engrenage conique analogue à celui qu'on emploie habituellement est plus faible. On doit éviter autant que possible l'emploi d'engrenages coniques.

Le rendement d'un engrenage réducteur de vitesse à vis sans fin dépend surtout du rapport des vitesses (angle de conduite). Quand ce rapport est de l'ordre de 7,5 à 1, le rendement est de 93 à 94% ; quand le rapport atteint 30 à 1 le rendement tombe à 85%. Un graphique montrant l'allure de la décroissance du rendement relatif à des engrenages par vis sans fin de grande classe est représenté dans la fig. 3 (page 410). Le grand avantage de cet engrenage réside en son pouvoir de réduction considérable de la vitesse et dans son fonctionnement silencieux.

Nous devons mentionner encore l'engrenage à vitesse variable ; cet engrenage est souvent utilisé pour commander à la vitesse du four, à l'alimentation en charbon, à alimentation en matière première, aux appareils d'extraction, aux alimentateurs des broyeurs, etc., et pour divers autres travaux. Il semble qu'il ne pourrait y avoir d'engrenage à vitesse variable de résistance mécanique et de rendement suffisants pouvant convenir à la transmission de grosses quantités d'énergie ; il existe quelques types de petits appareils pouvant fonctionner sur 20 à 25 C.V., mais ils ne sont pas adaptés, en général pour être commandés a distance.

Quand on a du courant continu à sa disposition, on peut facilement obtenir toutes les vitesses comprises entre les limites déterminées par les vitesses de moteur maximum et minimum. On peut donner à l'organe employé pour réaliser cette variation de vitesse la position qu'on désire et à n'importe quelle distance du moteur. Quand on emploie du courant alternatif, il faut utiliser soit un moteur à deux vitesses, soit un moteur du type commutateur. Quelques unités de fabrication peuvent être actionnées convenablement au moyen d'une machine à deux vitesses, mais deux vitesses seulement ne pourraient en aucune façon satisfaire à toutes les conditions exigées par les opérations de fabrication. Le moteur à courant alternatif du type commutateur réalise une gamme de vitesses s'étendant sur une très longue échelle, mais, jusqu'à ce jour ce moteur coûte très cher, tellement cher que l'économie réalisée par son emploi est très faible. La variation de la vitesse est obtenue, dans cette machine par une variation de la position du balai ; cette dernière opération peut se faire à distance. On emploie également ce type de machine pour l'obtention de vitesses constantes, largement différentes des vitesses obtenues avec les moteurs synchrones. Il suffit pour cela d'ajuster les balais dans la position donnant la vitesse voulue, puis de les fixer dans cette position. De toute façon il faut retenir ce principe précieux concernant les appareils à vitesse variable : Ne pas essayer d'effectuer mécaniquement ce qui peut être effectué électriquement.

Résumé.—Nous donnons ci-après un résumé de ce que nous avons dit précédement :

Cordes.—Conviennent particulièrement pour les transmissions principales, et pour transmettre de grandes quantités d'énergie d'un arbre à faible vitesse de rotation à un autre arbre du même genre. La meilleure matière à employer est le coton. Ce mode de transmission ne s'applique pas aux cordes croisées. La vitesse la plus économique à employer est de 1460 m par minute. Le rendement maximum atteint 97 à 98%.

Courroies.—Conviennent particulièrement pour les transmissions secondaires, et pour transmettre de faibles ou très faibles quantités d'énergie. La vitesse optimum dépend de la nature de la courroie et du travail qu'elle a à effectuer. On peut employer les courroies pour des transmissions directes ou croisées. Le rendement maximum atteint 97 à 98%.

Chaînes.—Se divisent en deux classes: (1) Chaînes grossières de transmission; (2) chaînes de précision de grande classe. Les premières sont employées pour des transmissions de petites quantités d'énergie à faible vitesse, et faible rendement. Les dernières sont destinées à des opérations plus importantes. On peut réaliser des vitesses élevées, et transmettre de grosses quantités de l'énergie. Elles peuvent fonctionner à centres très rapprochés. Quand elles functionnent à plein rendement, tout en étant complètement enfermées avec un bain lubrifiant, elles donnent un rendement de 97 à 98%.

Engrenages.—Se divisent principalement en engrenages par roues dentées et engrenages coniques, engrenages grossiers et engrenages de grande classe. L'engrenage par roue dentée est universellement employé; (*a*) la variété formée au moule ou à la machine étant employé pour les pressions et les vitesses basses ou moyennes; (*b*) la variété de précision, taillée à la machine, pour les pressions et les vitesses élevées. Le rendement maximum, avec l'engrenage taillé à la machine et possédant un bain lubrifiant est de 97 à 98%.

Etant données les difficultés qu'on a à donner aux engrenages coniques une construction de précision et les difficultés qu'on rencontre dans le tracé et le maintien en alignement de cet engrenage, les vitesses, pression sur les dents et énergie transmissible relatives à cet engrenage, seront constamment inférieures aux mêmes facteurs relatifs aux roues dentées; il en est de même due rendement. On devra éviter autant que possible l'emploi d'engrenages coniques.

Transmission électrique.—Quand on peut se procurer de l'énergie électrique à bon marché, on doit adopter la transmission électrique pour actionner les unités de fabrication; on doit envisager dans un point de vue économique la question des vitesses et des effets résultant d'une réduction de vitesse quelconque dont la réalisation s'avère indispensable. Le rendement des moteurs devra être de 90 à 94 ou 95% en pleine charge. Le rendement de l'engrenage réducteur de vitesse se trouve dans les donnés précédemment étalées.

Transmission à vitesse variable.—La variation de la vitesse peut s'obtenir par les moyens électriques mieux qu'avec tout autre moyen. Actuellement, c'est le courant continu qui réalise les meilleures conditions économiques pour l'obtention de la variation désirée, tout en ayant l'avantage de rendre la commande à distance très aisée.

Au Sujet des Annonces.

Toutes les demandes de renseignements concernant les annonces dans " International Cement et Cement Manufacture " doivent etre adressées à Concrete Publications Limited, 20 Dartmouth Street, London, S.W.1, England.

Le texte de l'annonce doit parvenir à cet office au plus tard le 25 du mois précédant celui de la parution. Dans le cas où un nouveau texte ne serait pas parvenu à cette date, les éditeurs se réservent le droit de reproduire le texte précédent.

Dans le cas d'annonces devant être imprimées en plus d'une seule langue, on doit fournir soi-même les traductions. Si on le désire, les éditeurs se chargent de ce travail de traduction, mais il est entendu qu'ils ne pourraient assumer aucune responsabilité en ce qui concerne l'exactitude de la traduction.

Le ciment chaud.

par N. DAVEY.

Station de recherches sur les matériaux de construction à Watford (Angleterre).

Par le terme " ciment chaud " nous entendons que le ciment est chaud au toucher. Le ciment s'échauffe par la chaleur dégagée par le frottement pendant le broyage; en général, plus la mouture du ciment est fine, plus sa température sera élevée à la sortie des broyeurs. Il arrive souvent que le ciment, et plus particulièrement le ciment à prise rapide, ainsi que le ciment ensaché dans des sacs en papier, ait une température appréciable au toucher, quand il arrive à destination; il existe une incertitude au sujet de la qualité du béton qui résultera de son emploi.

Sauf les essais exécutés par le Service des Routes de l'Etat de Tennessee, à Nashville (E.U.), relatés dans les Comptes-rendus de l'Institut américain du béton de l'année 1929 (page 434), on ne dispose que de peu de renseignements sur ce sujet. Les essais américains ont montré, que si le ciment est physiquement conforme aux exigences des spécifications de la Société Américaine pour l'essai des Matériaux, la température à laquelle il arrive au chantier de construction n'avait aucune importance. On n'a jamais trouvé aucune différence appréciable au point de vue, tant de la résistance à la compression ou à la traction que des autres caractéristiques; il a cependant été noté que le temps de prise était légèrement réduit.

La station de recherches sur les matériaux de construction (Angleterre) a entrepris un certain nombre d'essais sur le ciment Portland normal, conforme aux spécifications afférentes au ciment Portland, de l'Association des Normes techniques britanniques, et les résultats relatés ici sont conformes à ceux obtenus en Amérique. Des arrangements ont été pris avec un des fabricants de ciment Portland, qui a autorisé les représentants de la station de recherches sur les matériaux de construction à visiter ses usines, et à prélever des échantillons de ciment, immédiatement après sa sortie des broyeurs. La température du ciment, relevée sur le convoyeur à courroie transportant le ciment des broyeurs au magasin à silos, était de 140°C.

Les premières épreuves pour déterminer le temps de prise, et la préparation des briquettes de mortier au sable, ont été exécutées au laboratoire d'essais de l'usine, avec du ciment ayant une demi-heure d'existence. La température était tombée de 140° à 122° C, mais cette température dépassait encore notablement celle que le ciment peut avoir, selon toute vraisemblance, quand il arrive à destination. La composition, déterminée suivant les spécifications des Normes s'appliquant au ciment refroidi à 16° C, deux jours après sa sortie du four, est donnée tableau I.

Grâce aux récipients spécialement construits et aux bouteilles isothermes, le ciment, prélevé aux broyeurs à une température de 140° C, était transporté à la station de recherches sans perte sensible de chaleur. Les mêmes épreuves que celles exécutées à l'usine ont pu être répétées à divers intervalles, pendant la période de refroidissement progressif du ciment. Une première série d'éprouvettes en béton a été préparée à la station de recherches, avec du ciment dont la température était de 120° C et ayant moins de quatre heures d'existence.

TABLEAU I.

Analyse chimique.

SiO^2	22,18
Al^2O^3	5,10
Fe^2O^3	3,69
TiO^2	0,69
CaO	63,10
MgO	1,51
Na^2O	0,42
K^2O	0,82
SO^3	2,17
Perte (par différence)	0,32
	100,000

Analyse au tamis—

Résidu sur tamis de 4900 mailles au cm^2 7,26%

,, ,, ,, 900 ,, ,, 0,21%

Epreuve de stabilité de volume—

Le Châtelier, expansion 9 mm (ciment non exposé à l'air)

,, ,, 2,5 mm (après 24 heures d'exposition à l'air)

Résistance à la traction—

Ciment pur à 7 jours	57,4	kg/cm^2
Mortier au sable à 7 jours	26,1	,,
,, ,, à 28 ,,	31,6	,,

Les épreuves pour déterminer le temps de prise, du tableau 2 (page 416), et la résistance à la traction, du tableau 3 (page 417), ont été exécutées sur des éprouvettes préparées avec du ciment conservé dans de grandes bouteilles isothermes, tandis que le béton a été préparé avec des échantillons conservés dans des récipients calorifugés d'une plus grande capacité, et spécialement construits. La perte de chaleur des deux types de récipients n'était pas la même et par suite la température du contenu à un moment quelconque, était quelque peu différente. Par exemple, après huit heures de conservation, la température du ciment dans les bouteilles était de 65° C mais dans les récipients plus grands elle était tombée à 30° C.

Pour les épreuves concernant le temps de prise, on gâchait le ciment pur avec juste assez d'eau pour lui donner la consistance représentée par 5 mm de pénétration de l'aiguille de Vicat. Cette consistance correspondait à un étalement de 127 mm sur la table de coulage. Avec du ciment chaud, il fallait une plus grande quantité d'eau pour produire la même consistance. Les données numériques de la fig. 1 (page 414) montrent que le ciment chaud fait prise plus rapidement que le ciment refroidi, et cela d'une façon plus marquée, si c'est le début de la prise que l'on relève. La fin de la prise n'était cependant retardée que d'une demi-heure, si, pour le gâchage, on employait du ciment à 122° C, au lieu de ciment à 15° seulement. Cette différence peut être considérée comme de peu d'importance. Dans la fig. 1 (page 414), les chiffres de gauche donnent le temps de prise du ciment chaud en heures. Les chiffres du bas donnent l'âge du ciment qui varie entre une demi-heure et 20 jours. Dans la fig. 2 (page 415), les chiffres de gauche donnent la résistance à la traction de briquettes au mortier de sable, préparées au ciment chaud, en livres par pouce carré. Les chiffres du bas donnent l'âge du ciment au moment du gâchage, de 0 à 20 jours.

Les données numériques concernant la résistance à la traction des briquettes de mortier au sable normal, de dosage 1 : 3, conservées dans l'eau pendant

2, 6, et 27 jours, après un jour d'exposition à l'air humide, sont consignées dans le tableau 2 (page 416). La résistance des briquettes, préparées avec du ciment ayant la température de 122° C au moment de l'addition de sable et d'eau, était inférieure à celle obtenue avec du ciment à 15° C, la diminution était variable, et est passée de 21% au troisième jour à 16,5% au 28e jour. Le ciment a cependant toujours satisfait aux clauses de la British Engineering Standards Specification.

La résistance à l'écrasement du béton, préparé avec du ciment pris à différentes températures, est donnée tableau 4 (page 418), qui montre que, si le dosage du mélange est, par exemple, de 1 : 2 : 4, c'est-à-dire que la teneur en ciment est relativement faible, la température n'a aucune action apparente sur la résistance, probablement parce que la chaleur se dissipe rapidement dans l'agrégat et dans l'eau. On s'est servi d'une éprouvette cylindrique de 10 cm de diamètre et 20 cm de hauteur. Les expériences, conduites à la station de recherches, ont montré que la résistance à l'écrasement, obtenue avec ces éprouvettes, était approximativement égale à 75% de celle, obtenue avec des éprouvettes en forme de cube (forme adoptée par un grand nombre de laboratoires). La résistance du cube équivalent serait par suite supérieure de 30% aux valeurs indiquées au tableau 4 (page 418).

Les moyennes des essais de résistance faisant l'objet des tableaux 2 et 3 (pages 416 et 417) montrent qu'on peut donner une interprétation définie aux légères variations de résistance des échantillons malaxés dans les 18 heures qui suivent le broyage. Ces variations sont faibles, il est vrai, et représentent au maximum une diminution de résistance de 10%, pour les mortiers, tandis que la résistance du béton augmente. Les différences de résistance que présentent les échantillons malaxés à une époque plus éloignée de la mouture n'ont aucune signification.

D'une façon générale, on peut conclure que l'utilisation de ciment " chaud " dans les conditions normales du chantier n'a qu'une influence insignifiante.

On a procédé le 23 juillet 1929 au bétonnage d'une section de route en présence d'un représentant de la station de recherches. Cette section avait approximativement 6,5 m² de surface ; elle était accolée à un quai de déchargement, et par suite soumise à un service très dur. L'épaisseur totale de la dalle était de 19 cm, et sa partie inférieure, sur 12,5 cm de hauteur, était constituée par un mélange dosé en volume dans la proportion 1,5 de ciment Portland, 2,5 de pierres, et 2 de briques cassées. Ce mélange n'avait aucune plasticité, et a nécessité un pilonnage. La couche superficielle de la dalle, de 6,5 cm d'épaisseur, était dosée en volume dans la proportion 1 de ciment, 2 de pierres concassées (62,5 mm et en dessous) et 1,5 de cailloux. On ajoutait au mélange suffisamment d'eau pour arriver à la consistance correspondant à un affaissement de 10 à 13 cm à l'essai dit " slump test."*

Le ciment utilisé était à la température de 115° C au moment où on versait le contenu du récipient dans la caisse servant au malaxage. Les diverses températures intervenant dans une même opération de malaxage du béton destiné au coulage de la couche superficielle, étaient les suivantes :

Température du ciment	115° C
Température de l'eau	210° C
Température du ciment et des matériaux au malaxage à sec	40° C
Température du ciment et des matériaux au malaxage humide	32° C

Ces données numériques concernent le béton utilisé pour la couche superficielle du panneau tout entier.

La circulation sur la dalle a été autorisée au bout de deux jours, temps pendant lequel on a continué à entretenir l'humidité du béton. Après onze semaines de service intense, un représentant de la station de recherches a examiné le béton; de dernier était en excellent état, et ne présentait ni fissures, ni signes de désintégration.

Le tableau 2 (page 416) indique le temps de prise du ciment chaud. La colonne 1 donne l'âge du ciment soumis aux essais. La colonne 2 donne les conditions de conservation (l'essai à 30 minutes a été fait sur du ciment à la sortie même du broyeur; les essais à 18 heures, 3 jours, 8 jours et 20 jours ont été faits sur du ciment conservé dans des bouteilles isothermes, et ont été exécutés à la station de recherches; les essais à 14 jours, ont été faits avec du ciment ayant 14 jours d'exposition à l'air, en couches de 7,5 cm, et ont été exécutés à la station de recherches. La colonne 3 donne la température du ciment avant l'addition d'eau de gâchage. La colonne 4 donne la température de la pâte de ciment au moment du moulage. La colonne 5 donne la quantité d'eau de gâchage utilisée, en pour cent du matériau sec (en vue d'obtenir la consistance représentée par 5 mm de pénétration de l'aiguille de Vicat, et correspondant à un étalement de 127 mm sur la table de coulage). La colonne 6 donne le délai de prise initiale. La colonne 7 donne le délai de prise finale.

Le tableau 3 (page 417) donne la résistance à la traction de divers mortiers au sable, préparés avec du ciment chaud. La colonne 1 donne l'âge du ciment; la colonne 2 donne les conditions de sa conservation; (*a*) épreuve à la sortie même du broyeur; (*b*), (*c*), (*d*) et (*e*) conservation dans un récipient étanche à l'air; (*f*) 14 jours d'exposition à l'air en couches de 7,5 cm. La colonne 3 donne la température du ciment avant malaxage. La colonne 4 donne la température du mortier au moment du moulage. La colonne 5 donne la quantité d'eau de gâchage en pour cent du ciment. Cette série de briquettes a été préparée au laboratoire de la cimenterie. La colonne 6 donne la résistance à la traction en kilogrammes par centimètre carré, au 3e, 7e, et 28e jour. Cette série d'essais a été entreprise à la cimenterie, tous les autres essais ont été exécutés à la station de recherches.

§ = Moyenne des essais. La dernière ligne des chiffres concernant le même essai donne l'erreur probable.

Le tableau 4 (page 418) indique la résistance à la compression de béton, dosé à 1 : 2 : 4 préparé avec du ciment chaud. Détail du dosage: une partie en poids de ciment, deux parties en poids de sable spécial lavé, à arêtes vives, admis par la maille de 6,3 mm, et quatre parties en poids de pierres lavées et concassées, admises par la maille de 19 mm et refusées par la maille de 6,3 mm. La quantité d'eau de gâchage ajoutée était suffisante pour donner au mélange la consistance correspondant à l'affaissement de 2,54 cm au " slump test." La colonne 1 donne l'âge du ciment, et la colonne 2 les conditions de sa conservation (elle a eu lieu chaque fois dans des récipients étanches à l'air). La colonne 3 donne la température du ciment avant malaxage. La colonne 4 donne la température du mortier au moment du moulage. La colonne 5 donne la quantité d'eau de gâchage en pour cent du ciment. La colonne 6 donne la résistance à la compression en kilogrammes par centimètre carré, au 3e, 7e, et 28e jour. § = Moyenne des essais. La dernière ligne des chiffres concernant le même essai donne l'erreur probable.

* Rappelons que l'essai dit " Slump test " consiste à remplir de béton sortant de la bétonnière un tronc de cône sans fond. Après enlèvement de cette forme, la masse de béton s'affaisse plus ou moins, dans des conditions qui permettent d'évaluer le degré de plasticité.

Le four rotatif dans la fabrication du ciment.—II.

Par W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

L'auteur a eu à surveiller pendant le cours de sa pratique professionnelle des essais de consommation en combustible et des essais de rendement relatifs à des fours rotatifs appartenant à dix-neuf usines différentes. Il a élaboré pendant ce temps un système de marche des opérations. Il s'agit maintenant de décrire au point de vue général les méthodes à suivre pour effectuer les mesures les plus importantes dont l'obtention s'avère indispensable, et de décrire ultérieurement en détail un essai typique. On établira le bilan des quantités de chaleur entrant en jeu, et on en déduira l'économie qu'on peut réaliser sur le charbon dans les cas où cette économie est possible.

Période d'essai.—L'essai effectué sur un four rotatif durait habituellement une semaine. La période nécessaire dépend en partie de la quantité de charbons contenue dans les différentes trémies et dans les machines dessicatrices et broyeuses à charbon, quantité dont il faut tenir compte au commencement et à la fin de chaque essai. Une période trop courte pourrait causer des erreurs d'évaluation d'autant plus accusées que la période est plus courte. La valeur du rendement varie dans une certaine mesure d'un jour à l'autre, cette variation étant due probablement à la formation de croûtes de clinker, à des arrêts de courte durée, à de faibles variations dans la composition et la teneur en eau de la matière première, ou à l'état de sécheresse insuffisante du charbon pulvérisé.

Ainsi, pour qu'un essai puisse être pris comme un exemple typique, il doit s'étendre sur une période de plusieurs jours. Un temps suffisant est également indispensable pour permettre à l'ingénieur préposé aux travaux de recherches et n'ayant pas eu de contact préalable avec le travail de l'usine, de pouvoir se rendre compte exactement du fonctionnement du four pris avec les machines de séchage et de broyage du charbon qui lui sont attachées, dans tous ses détails.

Pesage du charbon brut.—Jusqu'à présent, en Angleterre, des bascules automatiques pour le pesage du charbon ne sont pas universellement employées dans les usines de ciment. La direction connaît approximativement le poids de charbon acheté et le poids de ciment vendu : on calcule facilement, généralement deux fois par an, le rapport entre les deux données précédentes après avoir tenu compte des quantités se trouvant en stockage.

Le charbon brut arrive généralement à l'usine : (*a*) par wagons de chemin de fer ; (*b*) par chalands.

Charbon arrivant par wagons.—Si l'usine possède un pont à bascule suffisamment grand pour peser un wagon chargé de charbon le problème devient relativement simple, puisqu'on peut peser les wagons pleins employés pendant l'essai puis les peser une fois vidés, tout en inscrivant régulièrement sur un registre les différentes pesées. Dans le cas contraire, on a des fois intérêt à peser les wagons au pont à bascule de chemin de fer le plus proche.

Dans le cas où il ne se trouverait pas de pont à bascule, il est souvent possible de charger directement à l'aide de pelles le charbon des wagons dans des

Pour les Figs. 1-7, voir le numéro de janvier.

brouettes. Le charbon est ensuite pesé en portions de 127 kg à l'aide d'une bascule à plateforme. Il est commode d'avoir des brouettes vides pouvant contenir des poids égaux et de peser exactement chaque fois 127 kg ce qui simplifie le travail d'enregistrement.

Pour un usine possédant un seul four de 60 m, on aura besoin de peser près de 350 tonnes de charbon en sept jours ou 168 heures. Une quantité double sera nécessaire pour une usine possédant deux fours.

Charbon arrivant par chalands.—D'ordinaire, les livraisons par chalands sont intermittentes et se font relativement par grosses quantités à la fois. On dépose souvent le charbon déchargé dans un entrepôt à fond plat ou dans un hangar. De là, on peut le peser par portions de 127 kg à l'aide de brouettes comme nous l'avons déjà décrit. L'expérience montre qu'on ne saurait toujours compter sur les ouvriers qui pèsent le charbon au moyen des brouettes pour avoir le poids exact, ou pour enregistrer d'une manière exacte le nombre des brouettes pesées; on est donc obligé d'avoir recours d'ordinaire à trois surveillants, un pour chaque équipe de 8 heures pour contrôler les opérations de pesage.

Méthodes spéciales de pesage du charbon.—Si, comme c'est souvent le cas, le matériel de séchage et de broyage du charbon brut est aménagé pour desservir plusieurs fours, on doit effectuer les essais sur ces fours en les considérant comme une seule unité. Dans des cas spéciaux, toutefois, l'auteur a effectué des essais sur un seul four appartenant à un groupe de fours, en pesant le charbon pulvérisé sec sur une bascule à plateforme dans une trémie à mince paroi d'acier pouvant contenir 250 kg. Le poids était indiqué sur un cadran de grand diamètre permettant ainsi d'effectuer des mesures faciles et rapides. Il a été indispensable d'aménager un élévateur supplémentaire et deux convoyeurs pour le remplissage et le vidage de la trémie, avec des soupapes d'entrée et de sortie appropriées. Pour l'entrée et la sortie de la matière, on a adapté des conduites flexibles. L'appareil entier était recouvert d'une enveloppe empêchant l'entrée des poussières pendant le travail.

Une autre méthode employée quelquefois pour le pesage du charbon pulvérisé alimentant un seul four, consiste à enregistrer le nombre de tours effectué par les conduits hélicoïdaux d'alimentation à la base de la trémie sur la plateforme de brûlage, et de déterminer par des mesures appropriées les chiffres indiquant le poids de charbon pulvérisé déchargé par tour à travers chaque conduit héliocoïdal d'alimentation. Cette méthode sera mentionnée à nouveau dans la description de l'essai. Elle doit être employée uniquement dans le cas où le pesage direct du charbon brut employé est impossible.

Teneur en humidité du charbon brut.—On doit déterminer la teneur en humidité du charbon brut au moment de son pesage. Quand on le pèse à l'aide de brouettes, on prélève sur chaque brouette un petit échantillon qu'on met dans un réservoir couvert. La quantité prélevée sur le charbon pesé pendant 8 heures est convenablement mélangée. On la divise et on effectue finalement deux déterminations de la teneur en humidité. Pour le charbon livré par wagons, il est généralement avantageux de prélever des échantillons de poids déterminé à intervalles réguliers pendant le déchargement du charbon s'écoulant dans le convoyeur et tombant dans la trémie située au-dessus du sécheur à charbon brut.

L'humidité dans le charbon séché.—Il faut que le charbon séché contienne de l'humidité, pour assurer l'efficacité du sécheur à charbon. On prélève toutes les heures un petit échantillon sur le charbon quittant le sécheur, et on le

dépose dans un silo couvert. Toutes les huit heures, on mélange le contenu du silo, puis on le divise pour effectuer deux déterminations de la teneur en humidité sur l'échantillon résultant.

Pouvoir calorifique et teneur en humidité du charbon pulvérisé.—Il est relativement facile d'opérer un échantillonnage du charbon pulvérisé pouvant donner la valeur moyenne du pouvoir calorifique on prélève pour cela toutes les heures un petit échantillon à l'endroit où le charbon pénètre dans le tuyau de brûlage. Les échantillons obtenus pendant huit heures sont mélangés. On en prélève un échantillon qui servira à fournir deux déterminations relatives au pouvoir calorifique et à la teneur en humidité. L'humidité contenue dans le charbon pulvérisé est régulièrement plus faible que celle contenue dans le charbon sortant du sécheur, étant donné qu'une partie de cette humidité disparait pendant l'opération de broyage.

Degré de pulvérisation du charbon.—On prélevait toutes les heures des échantillons sur le charbon sortant du moulin broyeur. L'essai consistait à examiner le résidu restant sur tamis 4900 au cm² et 1600 au cm².

Pesage du clinker.—Dans plusieurs usines, le clinker sortant à l'extrémité du refroidisseur se rend directement dans des wagons de 50 cm ou 60 cm de hauteur, et pouvant contenir 1 ou 1,5 t. On pèse ces wagons sur la plateforme d'un pont à bascule, puis on les décharge soit dans les appareils de broyage, soit sur l'amas de stockage. Il est nécessaire, en général de vérifier la bascule avec des poids marqués (25 kgs) et de s'assurer de la présence d'un homme pour chaque équipe, surveillant le pesage et inscrivant le résultat des mesures.

Peseur rotatif.—On emploie, dans d'autres usines un peseur rotatif pour peser le clinker. La fig. 8 (page 421) montre un diagramme de cet appareil avec un tableau de référence. On peut aménager convenablement une petite trémie pour alimenter le tambour en clinker.

Lorsque l'un des quadrants se trouve rempli d'un poids déterminé de clinker, le tambour s'abaisse; ce mouvement dégage les butoirs G qui se trouvaient retenus par les pièces de butée F, et le tambour, n'étant plus en équilibre tourne en déchargeant le clinker pesé. Aussitôt que le clinker commence à s'écouler du quadrant, les poids fixés sur le levier C ramènent le tambour à son niveau initial, et le mécanisme automatique d'arrêt empêche le tambour de tourner de plus d'un quart de tour. Le tambour est maintenu en position pendant le remplissage au moyen du levier à ressort H.

La quantité fournie par chaque quadrant n'est pas toujours la même, et pendant la durée d'un essai, le pesage doit être vérifié à intervalles réguliers en versant la quantité fournie par chaque quadrant dans un récipient approprié dont on pésera le contenu sur une bascule. Dans une usine, la quantité moyenne fournie par les quatre quadrants était de 116 kgs par quadrant; le maximum enregistré atteignait 120 kgs et le minimum 110 kgs. Dans une autre usine le peseur rotatif était vérifié deux fois par jour pendant une semaine, chaque quadrant portant son numéro d'ordre. Voici les résultats obtenus:

Quadrant No.	Poids maximum enregistré (en kgs).	Poids minimum enregistré (en kgs).	Moyenne générale de la totalité des pesées (en kgs).
I	50,8	45,4	47,3
II	47,9	43,8	46,3
III	48,2	42,9	45,5
IV	46,4	43,8	44,9

Pendant les opérations, cette machine peut être employée avantageusement, étant donné qu'elle pèse d'une façon continue en demandant peu d'attention. Quand on veut faire des essais, toutefois, l'emploi d'une bascule à plateforme est préférable.

Analyse des gaz dégagés.—La composition des gaz de dégagement est réglée en vue de maintenir l'excès d'air entre des limites convenables, nommément entre 2,5% et 7,5%. Pour cela, il suffira de mesurer la quantité d'oxygène présente pour cent.

Les gaz sont ordinairement recueillis dans un tuyau de 6 mm de diamètre qui s'enfonce de 60 cm environ à l'intérieur de l'extrémité de sortie des gaz appartenant au four. Ce tuyau se trouve porté par un tuyau de 30 mm de diamètre qui le contient. Le gros tuyau est porté par un rail approprié, situé à côté de l'extrémité du four. Le tuyau de 6 mm est constamment engorgé par la matière première portée jusqu'à l'extrémité du four par les gaz, de sorte qu'on doit s'arranger pour pouvoir le retirer à l'instant voulu aux fins de nettoyage. Pour les essais relatifs à la plupart des fours, on a employé l'appareil Orsat; on faisait quatre évaluations par heure des quantités de CO^2 et de O^2 pendant le jour. Il aurait été préférable d'effectuer les mesures sur 24 heures mais il n'a pas été possible de le faire à cause de l'insuffisance du personnel.

Appareil enregistreur de mesure de l'oxygène.—Puisque l'analyse des gaz sortants est une opération importante, il est avantageux d'effectuer les mesures avec un enregistrement continu. Quelques usines ont essayés dans ce but un appareil enregistreur de mesure de l'oxygène. Cet appareil est relativement coûteux, si on veut l'installer pour une courte période. Le gaz est aspiré dans l'appareil, mesuré, puis rejeté par l'action de l'eau qui s'écoule d'un réservoir situé à une hauteur de 1 m 50 environ au-dessus de l'instrument. L'agent d'absorption est le phosphore. Le pourcentage en O^2 contenu dans le gaz est enregistré sur une feuille mue par un mouvement d'horlogerie, et l'on peut effectuer près de 15 lectures par heure.

L'eau disponible dans une usine de ciment contient souvent des sédiments, du sable ou d'autres matières étrangères près de l'extrémité supérieure du four. On a trouvé qu'une valve de 25 mm de diamètre située sous une hauteur d'eau de 1 m 50 et ouverte de 0 m 1 est capable de fournir toute l'eau nécessaire, mais que des arrêts étaient fréquents, causés par l'obstruction de cette ouverture. Finalement, on fournit l'eau à l'appareil au moyen de becs de 0 cm 3 de diamètre fonctionnant sous une hauteur d'eau de 1 m 20 et entourés chacun par un tamis circulaire de 140 mailles au cm^2. Avec un travail continu, les gaz n'arrivaient pas à être assez froids avant d'atteindre l'appareil, de sorte qu'on a aménagé un petit condenseur muni de tubes de laiton de 0 cm 6. Si on se trouvait dans la nécessité de placer l'appareil enregistreur à quelque distance de l'extrémité du four, l'expérience montre qu'on a alors de grandes difficultés à rendre les jointures de fer du tuyau d'échappement assez hermétiques pour empêcher le passage de l'air.

Le tuyau de tirage adapté à l'extrémité du four devait être libre de toute matière première séchée; souvent on ne pouvait pas savoir d'après la feuille de appareil enregistreur si le tuyau était engorgé ou non puisque l'instrument continuait quand même à enregistrer. On a trouvé, en fin de compte, qu'un contrôle continuel des lectures données par l'appareil de mesure enregistreur de l'oxygène Orsat était hautement désirable et, dans ces circonstances l'emploi unique de l'appareil Orsat a été jugé suffisant.

Dans une ou deux des usines, toutefois, la comparaison entre les feuilles d'enregistrement de O^2 avec des diagrammes relevés sur un appareil enregistreur

de mesure de la vitesse, actionné par l'arbre des alimentateurs hélicoïdaux en charbon pulvérisé a donné d'utiles renseignements. Les fours rotatifs fonctionnent d'ordinaire sous un régime d'approvisionnement constant en air; il s'ensuit que le pourcentage de O^2 existant dans les gaz de dégagement dépendra de la proportion de charbon alimenté dans le four. Par conséquent, si une augmentation dans la vitesse des alimentateurs hélicoïdaux en charbon n'était pas suivie par une réduction correspondante du pourcentage de O^2 dans les gaz de dégagement, on pouvait conclure que le charbon pulvérisé adhérait à la trémie au lieu de s'écouler normalement; et réciproquement, un accroissement subit du charbon pulvérisé déchargé par les alimentateurs hélicoïdaux pouvait être révélé et mesuré d'une manière analogue.

Des renseignements semblables étaient ensuite recueillis dans chaque usine, en comptant le nombre de tours par minute effectués par l'alimentateur hélicoïdal en charbon pendant que le gaz s'échappait du four pour être analysé dans l'appareil Orsat.

L'auteur estime, toutefois, qu'un appareil enregistreur de mesure de O^2, s'il est soigneusement installé et surveillé pourrait être compté à l'actif de plusieurs usines de ciment.

Les mesures de température.—Les mesures les plus importantes furent effectuées au moyen de couples thermiques cuivre-constantan enrobés dans des gaînes d'acier, en relation avec des enregistreuses à fils (quadruple, double et unique), et un indicateur portatif. Les températures au-dessous de 177° C étaient mesurées autant que possible au moyen de thermomètres à mercure, dans le cas où un enregistrement continu n'était pas nécessaire.

Gaz sortant du four.—Le pyromètre employé pour les gaz sortant du four doit être placé à une distance de l'extrémité extérieure du four ne dépassant 15 cm, à l'opposé du centre de l'ouverture et sur l'un ou l'autre des côtés du tuyau amenant la matière première. Cette disposition permet d'obtenir des mesures moyennes, suffisantes pour le travail général de l'usine. Si l'extrémité du pyromètre se trouvait en regard des surfaces à matières premières humides et relativement froides, à l'extrémité du four, les lectures pourraient donner des chiffres trop bas. On est actuellement en train de rechercher l'étendue de l'erreur commise.

Entre l'extrémité du four et la base de la cheminée, la température des gaz de dégagement tombe rapidement à cause de l'air froid introduit par les tuyaux de la cheminée. On a eu, par conséquent à repérer la température à la base de la cheminée.

Pyromètre de mesure de la température de surface.—Afin de mesurer la température de surface de l'ossature du four et de celle du refroidisseur dans différents endroits avant de calculer la perte par rayonnement, on employa le type de pyromètre indiqué dans la fig. 9 (page 424). Les fils de cuivre et de constantan formant la soudure thermique se trouvaient emboîtés dans un disque de cuivre de 1 cm 6 de diamètre et de 0 cm 24 d'épaisseur. On coupa la gaine du pyromètre suivant les instruction indiquées et on boucha l'extrémité ouverte avec une garniture d'asbeste. Le reste de la gaîne était fait comme à l'ordinaire. Pour effectuer une mesure de température superficielle, on arrêtait le four pendant 30 secondes environ, et on appliquait le disque de cuivre contre la surface de l'ossature, en ayant soin de gratter au préalable la rouille ou la poussière pouvant exister à cet endroit. Le disque se trouve chauffé sur sa surface antérieure par conduction et refroidi sur sa surface postérieure par rayonnement et convection, mais il est probable qu'avec un très bon contact entre le disque et l'ossature du four, l'erreur commise ne dépasserait pas un ou deux degrés. Aussitôt que la lecture sur l'indicateur devient stable, on

doit déplacer le disque de 5 cm environ le long de l'ossature, et on doit obtenir d'ordinaire une lecture légèrement plus grande. Il est commode, quand on fait les mesures d'avoir une série de plombs compensateurs de 9 m de longueur environ. La méthode suivant laquelle on applique les mesures de température effectuées sur l'ossature au calcul du rayonnement du four et des refroidisseurs sera décrite plus loin.

Pyromètre pour l'air chaud.—Il n'est pratiquement pas possible de mesurer la température de l'air admis dans le four et venant du refroidisseur au moyen d'un pyromètre ordinaire inséré à la base de la coiffe du four, car le rayonnement relatif au clinker descendant et celui relatif aux surfaces adjacentes de briques réfractaires donneront des résultats de mesure trop élevés. Un fait analogue peut être observé en tenant un thermomètre à mercure près d'un foyer ordinaire; une température élevée sera enregistrée, cette température étant due à la chaleur rayonnée par le feu, malgré que l'air entrant à travers la grille soit presqu'à la même température que la chambre.

Après une longue expérimentation, la méthode finalement adoptée consista à pomper une petite quantité d'air prise à l'endroit où s'opère la chûte du clinker ou à la base de la coiffe du four, puis de mesurer sa température après avoir éliminé la chaleur de rayonnement. Ce dispositif est représenté à la fig. 10 (page 424) où l'on soutire de la base de la coiffe du four l'air chaud sortant du refroidisseur. Le température mesurée s'étend d'ordinaire entre 314° à 425° C.

Dans la position donnée au pyromètre pendant son emploi, les mesures effectuées risquent de donner des chiffres trop faibles, à moins que des dispositions ne soient prises pour empêcher le rayonnement, dans l'air ambiant, de la surface entourant immédiatement le couple thermique. Chacun des tubes se trouvant dans l'agglomération de tubes que comprend le dispositif adopté, est chauffé par convection, grâce à la circulation forcée; mais la chaleur ainsi communiquée sera rayonnée de tube en tube et, finalement, elle sera entièrement rayonnée de la surface extérieure du tube extérieur. Par conséquent, en prenant un nombre suffisant de tubes, l'erreur due à la perte par rayonnement peut être réduite de 0,5 ou 1° C. L'indicateur donne d'ordinaire une indication fixe six ou sept minutes après le fonctionnement de l'aspirateur.

Mesures relatives à l'air.—Les mesures relatives à l'air qu'il s'agit d'effectuer consistent d'ordinaire dans la mesure de la quantité d'air admise dans le four par: (*a*) la conduite de brûlage du charbon; (*b*) le conduit de chûte du clinker; (*c*) les fuites de l'enveloppe de raccordement; (*d*) les conduits ou ouvertures d'admission de l'air chaud.

Dans plusieurs usines, il existe un système de tubulures au moyen duquel se fait l'approvisionnement en air chaud destiné au séchage, cet air étant pris au refroidisseur pour se rendre dans le sécheur à charbon. Autrement, on peut employer un fourneau séparé. L'air chaud est habituellement conduit à la fois autour de l'ossature du sécheur et à l'intérieur de celui-ci. Il est souvent indispensable de mesurer l'écoulement de l'air chaud dans les tuyaux ou passages cités ci-dessus.

Remarques générales sur l'écoulement de l'air.—Supposons que nous ayons un tuyau ou un conduit (A, fig. 11, page 424) à travers lequel s'écoule de l'air avec un débit uniforme dans la direction de la flèche, et insérons des tubes de laiton ayant des bouts convenablement façonnés, et communiquant avec une jauge à eau constituée par un tube en U, marqué D. Les bouts de ces tubes sont représentés à une plus grande échelle dans la fig. 12 (page 426). Le tube B, qui se termine par un disque en laiton parallèle à la direction

d'écoulement de l'air servira à transmettre à la jauge à eau D la pression statique, ou compression de l'air. Le tube C, ayant un bout conique et disposé face au courant d'air, servira à transmettre à la fois la pression statique et la pression due à la vitesse de l'air traversant le tuyau A. Par conséquent, la jauge à eau D, qui mesure en somme la différence entre les pressions dans les deux tubes, indiquera la pression due à la vitesse seulement. Le disque de laiton, situé à l'extrémité du tube B, remplit les conditions nécessaires et suffisantes pour empêcher que la mesure de la pression statique ne soit faussée par une action inductive.

La disposition face au courant du tube C dans la fig. 11 (page 424) a été introduite par Pitot, et le disque situé à l'extrémité du tube B par Darcy, mais, pour des raisons de commodité, toute combinaison de tubes employée pour des mesures sur l'air sera mentionnée ici comme étant constituée par des tubes Pitot.

La mesure, en cms d'eau, de la pression créée par la vitesse de l'air, correspond aux valeurs exigées en pratique ; partant de ces mesures, on peut calculer la quantité qui s'écoule à travers un tuyau ou un tube suivant une méthode que nous décrirons. On a trouvé, toutefois, qu'il était nécessaire d'adapter une forme spéciale et mieux conçue de jauge à eau D, étant donné que la plupart des mesures effectuées ne portent pas sur plus de 0 cm 05 de colonne d'eau.

La fig. 12 (page 426) représente un dispositif approprié de tubes Pitot pour la mesure de la vitesse de l'air dans le conduit de chûte du clinker d'un four rotatif. Les tubes étant destinés à supporter une température élevée, il ne doit pas y avoir de soudure réalisée au moyen d'un corps à souder étranger ; on emploiera donc un modèle de construction simple où de petites ouvertures risquant de s'engorger avec la poussière se trouvant constamment dans le conduit de chûte du clinker n'existeraient pas. La longueur totale des tubes peut atteindre 1 m 20 environ, en employant trois tronçons.

Avec de l'air froid dépourvu de poussière, l'emploi d'un dispositif ramassé de tubes Pitot a été introduit par le National Physical Laboratory, Angleterre.

La fig. 13 (page 427) montre un dispositif qui est une modification, en plus robuste, du précédent, et qui convient parfaitement aux usines de ciment. La pression totale est mesurée par le tube intérieur A, disposé de manière à faire face au courant d'air, tandis que la pression statique est mesurée au moyen de petits trous percés dans le tube extérieur B. Le tube A et l'espace compris entre les deux tubes communiquent chacun séparément avec chaque branche de la jauge à eau au moyen de tubes de caoutchouc aboutissant aux points terminaux C et D. Les jointures sont soudées par soudure autogène (sans l'introduction d'une matière à souder étrangère), pour pouvoir résister à l'air ou aux gaz chauds, portés à des températures de 425° à 480° C. Le dispositif de tubes Pitot représenté dans la fig. 12 (page 426) est employé généralement pour des mesures sur l'air traversant des tuyaux de cheminée en briques de maçonnerie, puisqu'on peut lui donner la longueur voulue. Le modèle représenté dans la fig. 13 (page 427) est employé pour les tuyaux et les tiges d'acier.

Jauge à eau de précision.—La jauge à eau affectée à la mesure de la vitesse de l'air dans les divers tuyaux et conduits appartenant à une usine équipée avec un four rotatif (excepté le tuyau de brûlage du charbon), accuse généralement une dénivellation de l'ordre de 1 cm 9 à 0 cm 025 et même moins. Un modèle spécial de jauge à eau est représenté dans les fig. 14, 15 et 16 (page 428) avec un tableau de référence. En principe, l'appareil est une jauge à eau constituée par un tube en U avec cette différence qu'un microscope est adapté pour repérer le niveau de l'eau dans l'une des branches du tube, et un dispositif micrométrique adapté au microscope pour la mesure du déplacement

du niveau de l'eau quand on effectue une mesure. Les vases de verre A_1 et A_2 ensemble, avec le tube de communication B, correspondent au tube en U ordinaire.

On verra facilement que le bâti supérieur en fer portant les vases de verre est aménagé avec trois supports, ceux-ci s'emboîtant dans des enveloppes coniques évasées, légèrement aplaties aux sommets, permettant ainsi un faible déplacement latéral. Les bâtis supérieur et inférieur sont rendus solidaires au moyen du ressort K.

Deux longueurs de tubes de pression de 0 cm 8 en caoutchouc massif de 6 m de long font communiquer entre eux les tubes de Pitot situés dans les tuyaux ou conduits d'une part, et d'autre part la jauge à eau. Les extrémités de la tubulure de pression sont adaptées aux chevilles de communication Q_1, Q_2 visibles dans la fig. 15 (page 428). A travers des trous percés dans le bâti F, on effectue au moyen des tubes de caoutchouc légers P_1 et P_2 une communication convenable avec les vases de verre A_1 et A_2. Le poids exercé par les longs tubes massifs de caoutchouc est ainsi supporté directement par le trépied inférieur et non pas par les vases de verre.

Quand on veut faire une mesure, on dispose de trépied dans une position convenable, après avoir enlevé les chevilles Q_1 et Q_2. On ajuste approximativement le niveau du microscope sur le support M et on tourne le tambour H jusqu'à ce que le niveau de l'eau dans le tube A_2 apparaisse tangent au réticule horizontal du microscope. On note la lecture sur le micromètre. Le niveau de l'eau (convenablement éclairé) apparaît dans le microscope comme une ligne brillante, courbe et inversée, comme on le voit en L, et on peut définir sa position avec une grande précision au moyen du fil horizontal réticulaire du microscope. C'est là l'un des principaux avantages de cet appareil. On dispose les tubes Pitot dans la position convenable à l'intérieur du tuyau ou du conduit; on fixe les chevilles Q_1 et Q_2. Supposons qu'on adapte le tube de vitesse à Q_1; le niveau de l'eau baisse alors dans le vase A_1, tandis que le niveau va monter dans A_2. On monte maintenant le tube de verre A_2 au moyen du tambour H, et l'eau s'écoule de A_2 en A_1. Etant donnée la position des supports G_1 et G_2, le niveau dans le vase A_1 n'a pas varié. On continue à tourner le tambour jusqu'à amener le niveau de l'eau en A_2 à être tangent au fil horizontal du réticule. On fait alors une seconde lecture sur le tambour micrométrique. La position de l'eau dans chacun des deux vases de verre A_1 et A_2, par rapport au niveau moyen, est exactement la même que ce qu'elle était avant l'introduction des chevilles Q_1 et Q_2, et la pression actuelle de l'eau qui fait équilibre à la pression créée par la vitesse de l'air et dont on veut déterminer la valeur est mesurée par le nombre de tours que le tambour a dû effectuer pour ramener les niveaux à la position initiale. Cependant, l'axe du tambour H ne coïncidant pas exactement avec l'axe du vase A_2, toutes les lectures doivent être multipliées par une constante, qui dans le cas qui nous occupe est égale à : $\frac{14}{13{,}125}$ (fig. 14, page 428).

Afin de rendre le niveau de l'eau clairement visible à travers le microscope, on adapte généralement un miroir pour concentrer la lumière à l'endroit voulu; mais afin de pouvoir l'employer dans une usine de ciment à l'intérieur des bâtiments où la lumière du jour est plutôt sombre, l'auteur trouve qu'il est généralement préférable de suspendre une lampe électrique portative à quelque distance du microscope, et exactement dans la direction d'observation.

Un modèle fragile de jauge à eau de précision, monté sur trois vis de niveau a été beaucoup employé par le National Physical Laboratory (Angleterre).

Le modèle plus robuste, monté sur trépied, et décrit dans cet article est basé sur cet appareil. Il a été construit sur les indications de l'auteur pour l'usage des usines de ciment.

Fig. 8 (page 421) Peseur rotatif à clinker.—A = Tambour rotatif; B = leviers latéraux portant le tambour et les couteaux de support; C = levier central portant des poids; D = barre à distance; E = bâti fixe de la machine; F = pièces de butée calées dans chaque côté du bâti; G = quatre butoirs sur chaque plaque extrême du tambour; H = levier avec ressort de rappel; I = plaque de garde; J = compteur alternatif de va-et-vient.

Fig. 10 (page 424) Pyromètre pour l'air chaud.—A = Gaine du pyromètre, avec tête en porcelaine et trois ailes de support; B = couple thermique cuivre-constantan; C = Trois fils portant le couple; D = quatre tubes d'acier poli, espacés l'un de l'autre et aboutissant au tube extérieur E; E = tube d'acier extérieur; F = communication avec aspirateur à main; G = bâti à l'intérieur de la coiffe du four; H = enveloppe de raccordement en asbeste; I = anneau en forme d'angle, en coupe, emboîté au tube E.

Fig. 11 (page 424) Diagramme d'écoulement de l'air dans an tuyau.

Fig. 12 (page 426) Tubes Pitot pour conduit de chûte du clinker.

Fig. 13 (page 427) Tube Pitot: modèle massif du National Physical Laboratory (Angleterre).

Figures 14, 15 et 16 (page 428) Jauge à eau de prévision: trois vues. A_1A_2 = Vases de verre contenant de l'eau; B = tube de communication des vases de verre; C = robinet; D_1D_2 = bouchons de liège, supportant les tiges des vases de verre; E = bâti de fer supérieur; F = bâti de fer inférieur; G_1G_2 = supports pour bâti supérieur; H = tambour micrométrique, avec 50 divisions; I = vis micrométrique de 0 cm 252; J = échelle graduée verticale, divisée en 0 cm 252; K = ressort de tension; L = microscope, avec réticule (deux fils en croix); M = support du microscope; N = support éventuel pour miroir; O = trépied de support; P_1P_2 = tubes légers en caoutchouc; Q_1Q_2 = chevilles de communication pour les tubes de pression de 0 cm 64 communiquant avec les tubes Pitot.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Tarif des Abonnements.

À cause de l'accroissement considérable du prix de revient de "Cement and Cement Manufacture" sous sa nouvelle forme, il est devenu nécessaire d'élever le prix du numéro à 2 schellings. Le prix de l'abonnement annuel (y compris les frais de port pour tous pays) est de 24 schellings (Frs. 150). Les abonnés actuels, portés sur nos listes et dont l'abonnement est payé d'avance continueront à recevoir la publication aux anciennes conditions, jusqu'à expiration de leur abonnement.

Les abonnements annuels doivent être adressés à "Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, London, S.W.1, Angleterre, et les publications seront adressées par la poste, régulièrement chaque mois, pour la durée de l'abonnement.

Le comportement du ciment, des matières ajoutées et du béton aux températures élevées.*

Par Dr. RICHARD GRÜN et Dr. HUGO BECKMANN (Düsseldorf).

Par suite de l'augmentation des dimensions des constructions modernes, et surtout au point de vue de la hauteur, la sécurité à l'égard du feu, c'est-à-dire la résistance du béton à l'influence du feu, est devenue une question d'une importance que ne cesse de croître. En effet, les exigences posées aux constructions supportantes au point de vue de la pression, augmentent continuellement avec l'accroissement des dimensions des constructions. C'est ainsi qu'il faut exiger, par exemple pour les maisons à multiples étages que ces constructions supportantes ne s'affaissent pas sous le poids des constructions qu'elles supportent, même si elles sont exposées pendant plusieurs heures à l'influence du feu. Car, si les soutiens d'une maison à multiples étages, dans laquelle un incendie aura éclaté par exemple dans les premiers étages, cèdent, il pourra en découler des préjudices incalculables. Dans la pratique, les constructions en béton ont fait preuve d'une remarquable résistance aux incendies, résistance qui dépasse considérablement celle de constructions correspondantes en fer.

Également des maisons d'essai exposées à l'influence de la chaleur se sont comportées, en général, d'une manière étonnamment favorable. Dans le laboratoire on a examiné, par des études étendues, les propriétés de diverses matières additionnelles en ce qui concerne la stabilité de volume. De même, on a éclairci largement la question de la variation de volume du ciment durci.

Cependant, il n'existe que très peu d'examens de l'action exercée par le feu sur la résistance à la compression du béton. Dans ce but on a confectionné, à l'aide de nombreux ciments et de matières additionnelles de composition différente, respectivement du béton et du mortier, et on a exposé progressivement ceux-ci à des températures croissantes, pour constater ensuite la résistance à la compression, tant du béton refroidi lentement que du béton refroidi rapidement. Dans ce qui suit nous donnons d'abord un aperçu des essais déjà effectués et ensuite les résultats des examens nouveaux faits dans le laboratoire d'essai. Comme le béton se compose de ciment et de matières ajoutées, nous parlerons d'abord du comportement du ciment, ensuite de celui de la matière additionnelle sans ciment, c'est-à-dire des pierres pures, et enfin du comportement du béton fini.

Il est donc question en premier lieu: 1° Du comportement au point de vue chimique, c'est-à-dire (*a*) déshydratation en fonction de la hauteur de la température et de la durée de l'action de la température, et (*b*) la décarbonatation éventuelle. 2° Le comportement au point de vue physique, à savoir: (*a*) variation de volume, (*b*) variation de la résistance.

Ciment.—La déshydratation du ciment durci qui, comme on le sait, peut retenir, à l'état pur, jusqu'à 25-28% d'eau, dépend en premier lieu de la hauteur de température atteinte pendant le chauffage, et ensuite, suivant la nature des choses, de la durée du temps, pendant lequel il est soumis à l'action de la température. Endell a effectué des essais étendus à ce sujet, en ce qu'il a

* Conférence faite le 19 Novembre, 1929, lors de la huitième séance du Comité pour l'utilisation de laitier de hauts-fourneaux, nommé par la Société de Fonderies Allemandes, Düsseldorf.

déterminé tant la perte au feu des ciments Portland durcis à des températures différentes, que leur dilatation thermique linéaire.

Les courbes de la fig. 1 (page 431) démontrent que la perte au feu d'un ciment Portland durci, chauffé pendant une heure, dépend de la hauteur de la température atteinte, et qu'on obtient à environ 1000° C la déshydratation et la décarbonatation complètes du ciment Portland.

Ce qui est étonnant c'est que jusqu'à environ 300° la déshydratation des ciments Portland W_1, W_2, W_3 et W_4, conservés à l'eau, croît vite, tandis qu'aucune variation n'a ensuite lieu jusqu'à 500°. Cette circonstance, qui n'a pas été mentionnée par Endell, semble montrer qu'au chauffage jusqu'à 300° une partie de l'eau est expulsée, après quoi aucune variation d'importance n'a lieu jusqu'à 500°.

L'allure des courbes au chauffage régulier du ciment Portland durci ainsi que de l'hydrate de calcium ressort des courbes tracées par Endell à la suite des essais qui précèdent, fig. 2 (page 431). A 530° il se montre distinctement des points d'arrêt qui permettent de conclure qu'à cette température il se produit une déshydratation particulièrement remarquable du ciment Portland et, par conséquent, une modification radicale de sa structure.

On n'a pu constater jusqu'ici si la déshydratation du ciment Portland se fait conjointement avec une décarbonatation. Les examens actuels se bornent purement et simplement à la détermination des points d'arrêts et des pertes au feu. Par contre, on possède des chiffres pour le comportement du ciment Portland pur durci, étant donné que le retrait et l'expansion (a) du ciment Portland ont été mesurés par Endell. Le tableau des courbes (fig. 3, page 431) montre l'allure des courbes établie par Endell, laquelle indique que d'abord il se produit une faible augmentation du volume du ciment Portland chauffé, augmentation qui à 200-300° est remplacée par un retrait considérable, puisqu'une certaine quantité d'eau est évidemment expulsée des ciments durcis et que la dilatation thermique, en dehors d'une compensation dudit retrait, a même pour effet un retrait. Le retrait correspondant du ciment Portland pur, lequel est très important dans cet ordre d'idées, n'a pas encore été examiné, mais il sera compris dans la mention des expériences.

Matières ajoutées.—La considérable résistance du ciment pur à la chaleur permettait tout d'abord de conclure que le fort endommagement arrivé à des constructions exposées à l'action du feu ne pouvait être attribué à un défaut de résistance du liant, mais plutôt au comportement défavorable des matières ajoutées. C'est ainsi que par exemple aux grands essais à l'égard de l'incendie effectués à Grosslichterfelde par Gary, toutes les parois en gravier, basalte, etc., des maisonnettes essayées, qui ont toutes été construites sous l'emploi du même ciment, se sont bien comportés, tandis que seules les parois faites en employant du granit comme matière ajoutée ont accusé des fendillements sous l'apparition de phenomènes de nature explosive. Par conséquent, il est indispensable de soumettre notamment les matières ajoutées à une épreuve approfondie. Aussi à ce sujet, il a déjà été fait de nombreuses expériences, et cela tant par les Américains que par les Allemands. Ensuite nous allons considérer la déshydratation. Ici il importe d'abord de nous occuper de la déshydratation éventuelle de par exemple le mica, déshydratation sur laquelle aucune recherche n'a pas encore été faite. Probablement le susdit fendillement du granit accompagné par des phénomènes d'effort est également à attribuer à la déshydratation à l'intérieur de la matière. Quant au comportement au point de vue chimique, il importe de tenir compte de la déshydratation qui pendant les essais de Endell a amené à des retraits considérables. La fig. 4 (page 431) montre pour le calcaire de coquilles et le calcaire blanc de

l'Allemagne du Sud—qui l'un et l'autre sont cristallins et à grains fins—la dilatation thermique linéaire par rapport à la température. La partie rayée des courbes désigne l'allure incertaine par suite de la décarbonatation. Pour la plupart des matières ajoutées, à l'exception du carbonate de chaux, ce fait semble plus important que la tenue chimique, comme il entraînera des variations de volume et de résistance.

(*a*) Variation du volume. Endell a également étudié la variation du volume de différentes matières employées pour la confection du béton, à savoir les cinq matières: granit, diabase, basalte, grès et laitier de haut-fourneau en morceaux. La fig. 5 (page 431) montre pour les matières nommées, la dilatation au chauffage et la contraction au refroidissement; les valeurs qui restent après le refroidissement représentent la dilatation linéaire persistante. Le laitier de haut-fourneau en morceaux a accusé la plus faible variation de volume; également le grès s'est comporté d'une manière relativement favorable, tandis que le basalte, la diabase et le granit ont accusé une dilatation thermique proportionnellement identique, laquelle était de quatre fois la dilatation thermique correspondante du laitier de haut-fourneau en morceaux.

(*b*) Variation de la résistance. En ce qui concerne la variation de la résistance des matières ajoutées, il suffit de renvoyer aux indications du chapitre " Béton " qui va suivre.

Béton.—Le comportement au point de vue chimique du béton est déterminé par le comportement correspondant au point de vue chimique de ses constituants, donc les matières décrites à l'article B et le ciment durci, qui a déjà été traité à l'article A.

On ne peut s'attendre à aucun nouveau phénomène de la tenue du béton fini, et en conséquence, on ne peut rien dire de supplémentaire sur le comportement au point de vue chimique de béton, comme il n'offre rien de nouveau.

Par contre, on ne peut déterminer d'avance le comportement au point de vue physique du béton en se basant sur les propriétés de ses composants: ciment et matières ajoutées, essayés séparément chacune en particulier. En effet, le béton constitue un produit de qualités physiques toutes autres que celles des composants. Le ciment chauffé séparément en tant que ciment pur a une teneur d'acide carbonique et d'eau tout à fait différente de celle qu'il possède en béton, et les matières ajoutées présentent dans le béton des grosseurs de grains différentes, qui influent sur la résistance, la dilatation et le retrait, tandis que, suivant la nature des choses, seule des morceaux isolés pourront être soumis au mesurage, lorsqu'il s'agit de l'examen des matières ajoutées proprement dites.

Jusqu'à un certain degré, la variation du volume du béton peut être déduite de la variation du volume des matières ajoutées et de celle du ciment. Comme le démontrent les tableaux de courbes reproduits ci-dessus, toutes les matières ajoutées se dilatent au chauffage, tandis qu au contraire le ciment se contracte. En conséquence, comme la dilatation est généralement plus importante que le retrait, les bétons accuseront, sans exception, également une expansion, laquelle sera cependant plus faible que celle des matières primitives ajoutées. Endell a pu prouver par ses expériences* l'exactitude de cette hypothèse. Il démontre qu'à environ 575° les matières quartzeuses donnent au béton, par suite de la transformation du quartz de l'état alfa à l'état béta, une dilatation croissant rapidement, tandis que, par suite de l'échappement des gaz, la

*Expériences sur la variation de la longueur et de la structure des matières ajoutées au béton et du mortier du ciment sous l'influence de températures jusqu'à 1200°, No. 50, de la Deutscher Ausschuss für Eisenbeton (la Société Allemande du Béton armé).

scorie de cuivre Mansfeld, le basalte et la diabase font gonfler le béton à 1000°. D'autre part, par suite du dégagement de l'acide carbonique, les additions de matières calcaires amènent à des retraits. Le laitier de haut-fourneau fait exception, puisqu'il n'a pour effet qu'une faible dilatation, mais toutefois régulière, du béton confectionné sous l'emploi de cette matière. Dans la fig. 6 (page 431) sont opposées les unes aux autres les courbes typiques relatives à un béton contenant des pierres quartzeuses, des pierres volcaniques, des pierres gazeuses, et enfin du laitier de haut-fourneau. La dilatation thermique linéaire est indiquée par rapport à la température.

Quant aux exigences posées à un bâtiment en cas d'incendie, la variation de résistance joue de beaucoup le plus grand rôle. Pour cette raison, de nombreux essais ont naturellement déjà été réalisés en vue de constater, jusqu'à quel point la résistance est influencée à des degrés de chaleur différents. Sutcliffe a chauffé des éprouvettes de mortier et de ciment, et il a établi que la résistance à la traction baisse, suivant la nature de la matière ajoutée, de 44 à 80%. Nitzsche a trouvé des réductions encore plus fortes de la résistance à la traction, puisqu'il a démontré, au chauffage à 300° pendant 120 heures, que la résistance primitive à la traction avait baissé à $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{8}$.

Des expériences faites par Woolson sur la résistance à la compression, il résulte que la résistance à la compression d'une pierre volcanique chauffée par exemple à 300° a diminué à 88%, et sous l'emploi de calcaire à 58%. Par opposition à cela, les expériences de Steppe ont permis de constater, au chauffage du basalte à 500°, une augmentation de la résistance de 15%. Les susdits chiffres sont également contredits par d'autres traités techniques, par exemple celui de Gary sur les essais qu'il a faits pour la Société Allemande des Constructions en béton armé à l'égard de l'incendie dans des maisons à deux étages, essais qui ont établi qu'aucune différence de résistance à la compression n'a pu être constatée entre les éprouvettes de béton exposés et non au feu, pourvu que la matière ajoutée fût du basalte ou du granit, tandis que le béton de grès avait perdu un quart de sa résistance (Société Allemande du Béton armé). Lors des essais à l'égard de l'incendie faits en 1927 dans la tour des sapeurs-pompiers de la " Gesolei " à l'initiative de l'auteur mentionné le premier, on a constaté une réduction globale de 30 % de la résistance à la compression, en essayant la résistance à la compression des bétons jusqu'à une profondeur de 10-12 cm, tandis que dans le noyau de la colonne de béton on n'a pas trouvé la moindre diminution de la résistance.

Par suite de ces résultats contradictoires, il semblait désirable de réaliser, dans des instruments particulièrement étudiés pour cette application, encore des essais au chauffage avec différents ciments et matières additionnelles, à savoir au moyen de cubes normaux ; cela d'autant plus que les expériences américaines étendues n'ont pas éclairci d'une manière définitive le problème, puisqu'elles ont simplement donné, pour les qualités des matières additionnelles au point de vue de la résistance au feu, une autre échelle que celle constatée par les expériences allemandes. Pendant ces essais il conviendrait non seulement de s'intéresser aux matières quartzeuses et au grès, mais tout particulièrement de considérer le laitier de haut-fourneau, comme celui-ci s'était comporté de la manière la plus favourable pendant les essais de Endell, ayant accusé une dilatation relativement faible et tout à fait persistante.

Nous avons donc procédé à ces essais avec lesdites éprouvettes normales, qui étaient confectionnées, suivant la courbe Fuller ainsi que suivant la courbe du volume des pores, avec les matières additionnelles en question, d'une grosseur maximum des grains de 5 mm ; les éprouvettes ont été damées dans des proportions de mélange différentes en conformité des cahiers des charges.

Après leur confection les éprouvettes ont d'abord été conservées pendant sept jours dans de l'air humide, et ensuite elles ont été chauffées. Le chauffage s'est opéré dans un four à moufle chauffé par le gaz de l'usine à gaz du lieu, et conduit au moyen d'un ventilateur (fig. 7, page 433). Les éprouvettes ont été soit retirées, à l'état chaud, du four, soit laissées dans le four jusqu'à refroidissement, et enfin immergées dans l'eau. Les procédés suivis sont décrits pour chaque cas.

Les essais de résistance ont été effectués dans l'appareil Steeger-Endell, sur des éprouvettes confectionnées à l'état détrempé dans la proportion de mélange 1 : 3, matière ajoutée : grès. Les résultats se trouvent dans la fig. 8 (page 434). La hauteur de l'éprouvette a été démontrée en fonction de la température, pour un mortier de ciment de haut-fourneau et un mortier confectionné de ciment Portland et de sable quartzeux. Les essais ont été réalisés dans l'Institut de Recherches des Aciéries Réunies, Dortmund.* L'allure des courbes montre que tant le béton du ciment de haut-fourneau que celui du ciment Portland restent stables sous la charge prescrite de 2 kgs par cm^2 jusqu'à environ 1150°; seulement au-delà de cette température relativement élevée, il se produit un affaissement des éprouvettes.

Afin de constater l'influence du laitier de haut-fourneau sur le ciment, on a fait des essais comparatifs entre un ciment pouzzolanique, dans lequel le laitier de haut-fourneau était employé comme pouzzolane, à savoir le ciment de haut-fourneau A. Tableau 1 (page 440) et le ciment Portland W_1, Tableau 2 (page 440) ; les qualités du ciment figurent dans le Tableau 3 (page 441). Il a été opéré sur différentes matières additionnelles, à savoir sable quartzeux, basalte, diabase et granit. La fig. 9 (page 434) montre l'allure des courbes de la résistance à la compression mesurée en pourcent pour la résistance initiale des quatre matières ajoutées en mortier de ciment de haut-fourneau et en mortier de ciment Portland 1 : 3, en fonction de la température. Les éprouvettes ont été introduites à l'état froid dans le four chaud et ensuite refroidies à l'air à la température ordinaire. Les éprouvettes avaient été emmagasinées pendant sept jours—cela s'applique également aux Tableaux 1 et 2. Chose remarquable, l'allure des courbes accuse, au commencement du chauffage d'un béton de ciment de haut-fourneau, dans le bien plus grand nombre des cas, une augmentation de la résistance, tandis que pour le ciment Portland, au chauffage à 300°, les résistances ont décrû dans la presque totalité des cas à 80-90%. A des températures plus élevées, le granit se comporte le plus défavorablement dans les deux cas. Les essais confirment donc les observations faites par le Laboratoire l'Essai de l'Etat.

Si l'on écarte l'influence des matières ajoutées, en additionnant les chiffres obtenus aux différentes températures enregistrées, sans tenir compte de la nature matières ajoutées, et en extrayant ensuite la moyenne, on arrive à l'allure des courbes indiquée dans la fig. 10 (page 434), dont il résulte distinctement que le ciment de haut-fourneau donne effectivement des augmentations de la résistance au début du chauffage. Ce phénomène doit sans doute être attribué au fait qu'à ces températures élevées le laitier de haut-fourneau intervient dans la durcissement, augmentant ainsi la résistance.

Les éprouvettes du ciment de haut-fourneau soumises aux essais qui viennent d'être décrits sont reproduites à la fig. 11 (page 436). La série supérieure représente les éprouvettes avant le chauffage, tandis que les séries suivantes montrent les éprouvettes après deux heures de chauffage aux températures indiquées. On voit clairement le mauvais comportement du sable quartzeux et

*A cet endroit nous exprimons notre sincère reconnaissance à Prof. Schulz et à Dr. Hartmann pour leur aimable assistance.

du granit. Les causes de la diminution de la résistance s'établissent distinctement en vérifiant le poids par unité de volume. La fig. 12 (page 436) met en évidence la diminution du poids à des températures croissantes. Le tableau des courbes montre en outre la variation du poids spécifique, ainsi que la porosité calculée sur celui-ci et sur le poids par unité de volume. La cause de la diminution du poids est évidemment un relâchement de la structure, qu'on voit distinctement dans les fig. 13-14 (page 436). Ces figures montrent des éprouvettes de sable quartzeux en section mince avant et après chauffage à 1100°.

Afin de constater l'influence de la durée du chauffage pour les mêmes matières additionnelles, mais pour des ciments différents, les éprouvettes ont été chauffées jusqu'à dix heures, tour à tour à 300°, 500° et enfin à 700°, et chaque fois les résistances ont été déterminées par intervalles de deux heures. L'allure des courbes de la Fig. 15 (page 437) montre ce qui suit (chiffre de départ: éprouvettes non chauffées = 100) : Aussi dans ce cas le chauffage à 300° a pour effet une augmentation distincte de la résistance du ciment de haut-fourneau, et cette augmentation se présente au bout de deux heures; ensuite l'allure de la courbe devient à peu près horizontale. Au contraire, le ciment Portland accuse une réduction de la résistance, réduction qui, elle aussi, atteint son maximum au bout de deux heures déjà. A 500° le ciment contenant du laitier de haut-fourneau souffre également moins que le ciment sans laitier de haut-fourneau. Pour ce dernier le plus haut degré de détérioration est atteint déjà après quatre heures, tandis que le ciment de laitier de haut-fourneau met plus longtemps pour atteindre cette limite, à savoir six heures.

Au chauffage à 700° la résistance pour le ciment de haut-fourneau diminue, après deux heures déjà, jusqu'à 30% de la résistance primitive. Le point le plus profond qui, en somme, soit atteint, représente une réduction jusqu'à 20% au bout de dix heures. Il en est de même pour la courbe du ciment Portland, ou autrement dit : par un chauffage plus fort la détérioration atteint, en très peu de temps, son maximum, et augmente ensuite seulement d'un peu.

Aux essais suivants, le laitier de haut-fourneau a été employé, dans des proportions plus grandes, comme matière additionnelle. Les analyses de ces laitiers de haut-fourneau ressortent du tableau 4 (page 441). Dans cette série d'essais il a été procédé de telle manière que les éprouvettes ont été posées dans le four froid; une série d'elles a été laissée au four pour refroidissement, tandis qu'une autre série a été refroidie subitement. Le chauffage a été porté tour à tour à 300°, 500°, 700° et 900°. Une troisième série d'éprouvettes a été chauffée en vapeur d'eau de 100°. Les chiffres absolus sont réunis au Tableau 5 (page 441), tandis que les chiffres proportionnels sont donnés dans la fig. 16 (page 437). Les éprouvettes essayées avaient été conservées pendant quatre jours (trois jours à l'eau, un jour à l'air), et avaient été mélangées, suivant la courbe Fuller, avec de la pierre naturelle et du laitier de haut-fourneau, 1 : 4. Le chauffage a duré, chaque fois, deux heures. Le Tableux 5 (page 441) représente les résistances avant et après chauffage. Pour les températures à partir de 300°, les résultats sont indiqués d'abord pour le refroidissement lent et ensuite pour le refroidissement rapide. Les chiffres proportionnels de la fig. 16 (page 437) ne sont indiqués que pour le refroidissement lent. L'allure des courbes montre ce qui suit :—

Pour les matières additionnelles naturelles une faible augmentation de la résistance a lieu tant à 100° qu' à 300°, augmentation qui est sans doute à ramener à l'emploi du ciment de haut-fourneau. Par chauffage à 500°, les résistances diminuent à 45-55% des résistances primitives. Sous l'emploi de quartz et de basalte, les résistances descendent dans la plus grande mesure, à

savoir à 700° jusqu'à seulement 20-25%, et à 900° jusqu'à seulement 8-18% des résistances primitives.

Les laitiers de haut-fourneau se distinguaient les uns des autres en ce que les Rh, Vn et Gh étaient des laitiers de haut-fourneau normaux qui correspondaient aux données, tandis que le laitier de haut-fourneau Gm était un laitier particulièrement léger et écumeux qui n'y correspondait pas.

L'allure des courbes montre qu'à 300° l'augmentation des résistances apparaît ici d'une manière encore plus prononcée que pour les matières additionnelles naturelles, ce qui indique qu'à ces températures, auxquelles l'eau n'est pas encore expulsée du béton, une réaction a lieu qui a pour effet un affermissement.

A 100° rien de remarquable n'a été constaté, tandis qu'à 500°, il s'est produit une diminution qui était relativement faible, et qui dans le cas le plus défavorable s'est élevée à 40% pour les laitiers de haut-fourneau de mauvaise qualité, tandis que les laitiers de haut-fourneau de bonne qualité ont accusé une diminution de seulement 20%. A titre de comparaison les matières additionnelles naturelles accusent à la même température une diminution de 30 à 50%.

A 700° on trouve encore des résistances d'environ 30-50% des résistances primitives, tandis que les matières naturelles ont accusé ici 20-30% de diminution.

Egalement à 900° la diminution est moins forte pour les matières naturelles.

Une série des éprouvettes décrites ci-dessus ont été retirées du four après chauffage à 300°, 500°, 700° et 900°, à l'état encore chaud et rouge respectivement, pour ensuite être imergées dans de l'eau froide. Par là ont été constatées de considérables réductions des résistances, ainsi qu'il ressort du tableau des courbes (fig. 17, page 437). Voici ce qu'indiquent les chiffres: Les plus fortes réductions des résistances après refroidissement sont enregistrées à 300°. Aux températures plus élevées, auxquelles les éprouvettes sont déjà fortement détériorées, les réductions des températures ne sont plus appréciables. Le Tableau 5 (page 441) ainsi que la fig. 17 (page 437) indiquent les valeurs obtenues. A 900° le calcaire se transforme dans une masse pâteuse, fig. 18 (page 439).

Afin de déterminer la manière dont les grosseurs de grains pourront éventuellement influer sur les résistances et sur les diminutions de celles-ci, il a été produit, suivant la courbe du volume des pores—de la même façon que suivant la courbe Fuller et avec les matières premières mentionnées ci-dessus—des matières additionnelles, dont des éprouvettes ont été confectionnées. La courbe du volume des pores et la courbe Fuller sont réunies, pour les différentes matières dans la fig. 19 (page 439). Le tableau des courbes montre que, suivant la courbe du volume des pores, il se trouvait tout naturellement des particules très fines dans les matières additionnelles. Les essais de résistance ont été effectués ici jusqu'à 500°; les résultats sont reproduits dans le tableau 6 et tracés dans le tableau des courbes 20 (page 440). Aussi dans ce cas une augmentation de la résistance apparaît à 300°, et les laitiers de haut-fourneau se comportent plus favorablement que les matières naturelles.

Les chiffres indiquent un bon comportement encore à 500°, ce qui est évidemment dû à la grande épaisseur du béton.

Résumé.—1. *Résistance.*—La résistance du béton se maintient bien, aussi à des températures élevées; seulement à 1150° elle descend au-dessous de 2 kgs par cm^2.

2. *Influence du liant.*—Les ciments contenant du laitier de haut-fourneau se comportent plus favorablement que les ciments Portland purs, puisqu'ils accusent, au chauffage à 300°, des augmentations des résistances du béton.

3. *Influence de la durée du chauffage.*—Déjà après deux heures de chauffage le maximum de l'influence est généralement atteint.

4. *Influence de la nature des matières additionnelles.*—Les matières quartzeuses influent le plus défavorablement sur les résistances, et notamment le granit fait baisser rapidement la résistance, tandis que le calcaire se comporte favorablement, surtout aux températures inférieures à 700°. Le laitier de haut-fourneau en morceaux se comporte plus favorablement que la pierre naturelle.

5. *Influence de la nature du refroidissement.*—Le refroidissement subit par immersion dans l'eau fait diminuer fortement les résistances, même dans le cas où le béton n'a été chauffé que jusqu'à 300°. Pour le béton refroidi à l'eau, les résistances s'élèvent à :

à 300° : 30-50%,
à 500° : 10-30%,

dont il résulte que les chiffres absolus obtenus à 500° sont naturellement inférieurs à ceux obtenus à 300°.

6. *Influence des grosseurs des grains.*—Un faible excédent de grains fins représente un avantage.

7. *Influence de la hauteur de la température.*—Cette influence ressort du Tableau 7 (page 441).

Conclusions pour la pratique.—Pour les constructions qui doivent résister à des températures élevées, il est préférable d'employer du ciment pouzzolanique additionné de laitier compact de haut-fourneau. Aux températures jusqu'à 500° le calcaire pourra convenablement servir de matière additionnelle. Dans tous les cas, l'emploi des matières quartzeuses doit être évité.

Einfuhr von Zement in das Vereinigte Königreich.

Vom 17. März 1930 an muss sämtlicher in das Vereinigte Königreich eingeführter Portlandzement mit dem Namen des Ursprungslandes kenntlich gemacht sein. Die gesetzliche Verordnung des für eingeführten Zement zuständigen Handelsministeriums lautet wie folgt: „ Es ist ungestzlich vom 17. März 1930 an, im Vereinigten Königreich eingeführten Portlandzement zu verkaufen oder zu Verkauf zu stellen, wenn er nicht eine Herkunftsbezeichnung trägt.

„ Die Ursprungsbezeichnung soll auf jedem Sack, Fass oder sonstigem Behältnis, in dem Portlandzement verkauft oder zum Verkauf gestellt wird, gedruckt oder gestempelt, schabloniert oder anderweitig gemalt oder gebrannt sein.

„ Materialien, auf welche dieser Teil dieser Verordnung zutrifft, sollen beim zum Verkauf stellen die, in dieser Beziehung vorgesehene Ursprungsbezeichnung dann nur tragen, wenn die, die Materialien zum Verkauf stellende Person kein Grosshändler ist.

„ Es ist nach dieser Verordnung nicht erforderlich, dass die Materialien, für welche dieser Teil der Verordnung zutrifft, zur Zeit der Einfuhr eine Ursprungsbezeichnung tragen."

BAND 3. NUMMER 3. MÄRZ 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
DIE INTERNATIONALE ZEMENTZEITSCHRIFT IN VIER SPRACHEN.

DEUTSCHER TEIL

VERLEGT BEI CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Erscheint am 20 jeden Monats. Preis 2 Shilling das Heft. Postfreier Jahresbezug 24 Shilling.

Kraftübertragung in Zementfabriken.

von W. GOODYEAR, M.I.Mech.E.

DIE Herstellung von Portlandzement verbraucht eine grosse Menge von Kraft, wobei der Verbrauch zwischen 60 und 120 Kilowatt-Stunden pro fabrizierter Tonne schwankt; die effektive Menge hängt indessen besonder von der Art des Rohmaterials und der Mahlfeinheit des Enderzeugnisses ab. Höhere Werte, selbst bis zu 160 Kilowatt-Stunden per Tonne, sind festgestellt worden; sie sind indessen anormal.

Ein grosser Teil der Kraft wird beim Mahlen der Rohmaterialien und des Enderzeugnisses absorbiert, doch wächst der Verbrauch in den anderen Abteilungen fortgesetzt infolge der Einführung, Handarbeit sparender Maschinen. An den meisten Plätzen ist jetzt elektrische Kraft billig zu haben und mit der Einführung des Antriebs von Maschineneinheiten durch elektrische Motore wird die Tendenz zum Verbrauch von elektrischem Strom gesteigert. Diese Faktoren tragen auch dazu bei, den rein mechanischen Antrieb auszuschalten, indem die Motore mehr oder minder direkt mit den verschiedenen Maschinen gekuppelt werden. Da jedoch nur Ventilatoren und ähnliche, mit hoher Tourenzahl laufende Maschinen ohne Verwendung eines Reduktions-oder Transmissionsgetriebes direkt mit den Motoren gekuppelt werden können, ist der Gegenstand dieser Abhandlung von beträchtlichem Interesse.

So lange wie die fabrizierenden Werke klein waren, sagen wir etwa per Werk wöchentlich 1000 t erzeugten, war es üblich, alle, Kraft konsumierenden Maschineneinheiten um zwei oder drei, Kraft erzeugende Einheiten zu gruppieren. Dieses Verfahren führte zu gedrängt angeordneten Fabriken und gut wirksamer Kraftübertragung. Mit dem Aufkommen der elektrischen Kraft wurde die Uebertragung einfacher und grössere Bequemlichkeiten standen zur Verfügung, um die Fabriken auszubreiten und bessere Gruppierungen sowie Anordnungen zu erreichen. Bei elektrischer Ausrüstung war die Kraftübertragung leichter anzuordnen und gleichzeitig wurden die Werke grösser.

Bei langsam laufenden Maschinen vom liegenden Typ wurde eine mechanisch wirksame Ausnutzung von 90 oder 92% erreicht, wobei der Hauptantrieb im allgemeinen durch Seile vom Schwungrad auf eine Riemenscheibe auf der Maschinenwelle bewirkt wurde. Bei schnell laufenden Maschinen vom Vertikal-Typ, die Druckschmierung besitzen, wurde eine mechanisch wirksame Ausnutzung von 92 oder 93% bei vollem Lauf erreicht, doch erwies es sich nicht so leicht, Kraft von der schnell laufenden auf eine langsam laufende Maschine zu übertragen.

Die übliche Methode der Kraftübertragung in jedem Industriezweige besteht in der durch Seil, Treibriemen, Kette, Getriebe oder Elektrizität. Mit sehr wenigen Ausnahmen wird für jede Maschineneinheit ein Seil-, Riemen-, Ketten-oder Zahnradantrieb nötig. Unter gewissen Bedingungen und bei Sonderfällen ist direkter elektrischer Antrieb möglich.

Seile und Treibriemen werden gemeinhin bei hoher Geschwindigkeit verwendet. Sie bilden ein elastisches Antriebselement, doch können sie nur zum Trieb von Maschinen mit konstanter Drehungszahl in befriedigender Weise benutzt werden. Ist die Tourenzahl nicht gleichbleibend, dann sollten die Maschinen mit einem Schwungrad oder mit einer Vorrichtung, die einen Schwungradeffekt ergibt, ausgerüstet werden. Seil oder Riemen eignen sich nicht für ruck-und stossweise sowie schnell wechselnd erfolgende Belastungen, wenn kein Schwungrad oder ein Aequivalent von diesem vorhanden sind.

Seil-Triebe.—Seile zur Kraftübertragung sollten aus Baumwolle sein. Hanf und Manila-Hanf werden in Notfällen gelegentlich verwendet, doch ist ihr Wert aus Gründen der Lebensdauer und eines reibungslosen Laufs beträchtlich niedriger als der von Baumwollseilen. Baumwollseile werden entweder aus drei oder vier Strängen, mit oder ohne Strangspannung, hergestellt und obwohl beide Arten ihre treuen Verfechter besitzen, ist es wahrscheinlich, dass jede gleichermassen angewendete Art beim Arbeiten unter gleichen Bedingungen und bei gleicher Wartung eine ähnlich lange Lebensdauer besitzt und sich gleicherweise rationell erweist.

Um vernünftige Arbeitsbedingungen sicher zu stellen, sollte zwischen dem Seildurchmesser und dem Riemenscheibendurchmesser, auf dem das Seil läuft, ein bestimmtes Minimalverhältnis bestehen. Die meisten Seilfabrikanten haben einen Wert von 30 als passend genormt; das heisst, der Durchmesser der Scheibe ist 30 mal so gross wie der Durchmesser des Seils. Die Erfahrung lehrt indessen, dass dieses Verhältnis um einige Punkte reduziert werden kann im Falle von Seilen mit kleinem Durchmesser, und dass es vorteilhaft um einige Punkte im Falle eines grossen Seildurchmessers erhöht werden kann. Das heisst mit anderen Worten, dass ein Seil von 10 mm Durchmesser gleich gut auf einer Scheibe von 33 oder 35 cm Durchmesser anstatt auf einer solchen von 40 cm Durchmesser laufen wird, doch wird ein Seil von 5 cm Durchmesser bessere Dienste leisten, wenn es auf einer Scheibe von, sagen wir 165 oder 177 cm läuft anstatt auf einer solchen von Normenmass mit 152 cm Durchmesser.

Die gebräuchlichste und wahrscheinlich rationellste Seilgeschwindigkeit beträgt 1400 bis 1500 Meter in der Minute. Sind beide Scheiben gross, so kann sie sicher auf 1800 und sogar auf 2000 Meter in der Minute gesteigert werden. Die Bedingungen müssen indessen für die Seile günstige sein, wenn sie mit solchen Geschwindigkeiten laufen. Wenn Seile mit hohen Geschwindigkeiten auf Scheiben mit kleinem Durchmesser laufen, so reduziert die Zentrifugalkraft des Seils, wenn dieses mit der kleinen Scheibe in Berührung kommt, den Auflagerbogen derart, dass Gleiten und abnorme Abnutzung resultieren; es kann sich sogar als unmöglich erweisen, die beabsichtigte Kraft zu übertragen, wenn

nicht die Seile abnorm fest gespannt sind. Wenn irgendwie möglich, sollte das enge Anliegen des Seils (Trieb) auf der Unterseite so vorgesehen werden, dass jede Lockerung infolge Dehnung den Auflagerbogen vergrössert. Ist die lockere Seite unten, so würde der Auflagerbogen verkleinert werden.

Das Profil der Rillen auf den Scheiben und der tatsächliche Durchmesser der verschiedenen Rillen sind sehr bedeutende Faktoren für die Lebensdauer eines Triebseils. Wenn die Rillen genau das gleiche Profil haben, wird das Seil allmählich nach diesem Profil geformt werden. Ist das Profil der Rillen auf einer Scheibe von dem auf der anderen verschieden, so werden die Seile jedes Mal umgeformt werden, wenn sie mit den einzelnen Scheiben in Berührung kommen. Es kann auf die Herstellung der Rillen der Seilscheiben nicht genügend Wert gelegt werden.

Die kraftübertragende Leistungsfähigkeit von Seilen mit einer Geschwindigkeit von 1460 m in der Minute geht aus Tabelle 1 hervor. Bei jeder unter 1460 m in der Minute liegenden Geschwindigkeit wird die kraftübertragende Leistungsfähigkeit im gleichen Verhältnis reduziert. Bei etwas höherer Geschwindigkeit wird die kraftübertragende Leistungsfähigkeit jedes Seils wahrscheinlich in etwas vermehrtem Masse fallen; sie wird vermutlich sehr stark zurückgehen bei Geschwindigkeiten von 1800 bis 2000 m in der Minute. Das Mass des Rückganges wird hauptsächlich durch den Durchmesser der kleinsten Scheibe bestimmt.

TABELLE 1.

Kraftübertragende Leistungsfähigkeit von Baumwoll-Seilen, die mit einer Geschwindigkeit von 1460 m in der Minute laufen.

Innerer Durchmesser des Seils	1.25	2	2.50	3.10	3.75	4.45	5.0	5.75	6.50
Pferdekraft per Seil	4.0	8.8	15.5	24.0	35.0	47	62	80	95

Der Seilantrieb ist eine sehr bequeme und wirksame Methode der Kraftübertragung von einer Welle auf eine andere mittels Rädern von grossem Durchmesser bei verhältnismässig niedriger Wellengeschwindigkeit. Da es nicht praktisch ist, Seile zu kreuzen, laufen beide Wellen in gleicher Richtung.

Die Distanz der Mittelpunkte der beiden Wellen ist eine Bequemlichkeitsfrage oder aber ein Frage der räumlichen Bedingungen. Ist die Distanz der Wellenmitten klein, so können atmosphärische Verhältnisse das Seil beeinflussen und feuchte Luft kann in Verbindung mit ständiger Schädigung ausserordentliches Schrumpfen verursachen. Wenn andererseits die Mitten zu weit von einander entfernt sind, so können Schäden durch zu starkes Sacken des Seils eintreten; überdies können die Seile die Neigung haben, zu schwingen und damit Kämme notwendig machen. Eine gute praktisch erprobte Entfernung der Wellenmittelpunkte dürfte das $2\frac{1}{2}$-fache der addierten Durchmesser beider Scheiben sein.

Es besteht praktisch keine Grenze hinsichtlich der Grösse der Kraft, die durch einen Satz von Seilen übertragen werden kann. Es ist leicht möglich auf diese Weise, in wirksamer Art sehr grosse Kraftmengen zu übertragen; der Lauf würde reibungslos, das Geschwindigkeitsverhältnis praktisch konstant und die Abnutzung sehr gering sein. Eine Prüfung zur Verfügung stehender Zahlenwerte zeigt, dass es möglich ist per Zoll Breite der Scheiben beträchtlich mehr Kraft zu übertragen mit Seilen von grossem Durchmesser als mit Seilen von kleinem Durchmesser. Bei Hauptscheiben von 2.5 m Breite und einer Seilgeschwindigkeit von 1460 m in der Minute würde es möglich sein, unter gewissen Bedingungen 2000 PS zu übertragen bei Verwendung von 5 cm

starken Seilen; es würde indessen bei gleicher Breite und unter ähnlichen Bedingungen nur möglich sein, 1000 PS zu übertragen, wenn 2.5 cm starke Seile verwendet werden. Die Begrenzung der Seilgeschwindigkeit und ein Verhältnis von 30 zu 1 vom Scheiben-zum Seildurchmesser bestimmen automatisch die höchste Geschwindigkeit, bei der jede seilgetriebene Welle laufen kann. Bei Seildurchmessern von 2.5 und 5 cm betragen die höchsten Geschwindigkeiten 305 bezw. 155 Umdrehungen. Dieses Prinzip ist erweitert und tabellarisiert worden für alle üblichen Seilgrössen in der Uebersicht Nr. 2.

TABELLE 2.

Innerer Seildurchmesser	1.25	2.0	2.50	3.0	3.75	4.5	5.0	5.75	6.5
Höchste Geschwindigkeit der Welle in Touren pro Minute	610	420	305	245	205	178	155	135	120

Riemen-Antriebe.—Wenn wir zu Riemenantrieben übergehen, so möge zunächst bemerkt werden, dass der Riemenantrieb gegenüber dem Seiltrieb eine sekundäre Rolle spielt. Allerdings werden gelegentlich Haupttriebe durch Riemen bewirkt, doch ist dieses eher eine Ausnahme als eine Regel. Auch Stahlbänder werden gelegentlich für Hauptantriebe benutzt, doch hat sich dieses Verfahren noch nicht allgemein durchgesetzt. Riemen oder Stahlbänder sind sehr bequeme und nützliche Mittel, um als einfache oder sekundäre Antriebe Verwendung zu finden; dort wo der Kraftbedarf gering ist, kann ein Riemenantrieb billig eingebaut werden. Viele der in Verbindung mit den Seil-Antrieben benutzten Regeln können vorteilhaft auch für Riemenantriebe benutzt werden.

Um bei der Geschwindigkeit zu beginnen, so sind 1200 bis 1400 m in der Minute eine rationelle Geschwindigkeit und völlig passend für Hauptantriebe, vorausgesetzt, dass der Durchmesser der Riemenscheiben gross und die auf den Riemen wirkende Zentrifugalkraft klein ist. Im Falle sekundär wichtiger Antriebe kann die Geschwindigkeit vorteilhaft auf 600 bis 750 m in der Minute herunter gedrosselt werden, und für weniger bedeutende Antriebe kann sie noch niedriger gehalten werden; in Fällen, wo es erforderlich ist, die Geschwindigkeit von Hand zu ändern, muss die Geschwindigkeit sehr niedrig gehalten werden.

Bei Betrachtung der Stärke der Riemen ist das Verhältnis der Riemenstärke zum Durchmesser der Scheibe, über die er läuft, eine ebenso wichtiger Faktor wie im Falle der Seil-Antriebe. Für den Fall der Seile und Scheiben ist der Faktor von 30 zu 1 bereits erwähnt worden; im Falle der Riemen dürfte ein Verhältnis von 1 : 40 oder selbst zu 48 einen passenden Wert darstellen.

Bei Anlage eines Riemenantriebes sollten in folgender Reihe die einzelnen Faktoren in Betracht gezogen werden: (1) Grösse der zu übertragenden Kraft, (2) höchste rationelle oder bequeme Geschwindigkeit, (3) Fläche des Riemenquerschnitts, (4) Breite des Riemens im Verhältnis zu seiner Stärke, und dieses Verhältnis muss wiederum in Beziehung zum Scheibendurchmesser gebracht werden und ausserdem muss in Betracht gezogen werden, ob der Riemen offen oder über Kreuz laufen soll.

Die Grösse der kleinsten Scheibe bei einem Riemenantrieb hat einen bedeutenden Einfluss auf die Grösse der Kraft, welche übertragen werden kann. Der Scheibendurchmesser kann so klein sein, und die Riemengeschwindigkeit so gross, dass der Riemen die Scheibe beim Passieren dieser sie kaum berührt. Die Kurve in Abb. 1 (Seite 404) ist ausgezogen worden, um die Bedeutung des Scheibendurchmessers im Verhältnis zur Kraftübertragung zu zeigen; diese Erkenntnis ist durch Angaben von vielen Trieben kontrolliert worden und kann als zuverlässig gelten.

Die Wirksamkeit eines Seil-Antriebes kann bis zu 98% betragen, vorausgesetzt, dass alle Bedingungen, wie Seilgeschwindigkeit im Verhältnis zum kleinsten Scheibendurchmesser, Lagermittelpunkte, enganliegendes Seil, Profil der Rillen, Seispannung usw.-günstig sind. Das Mass, in dem die Wirksamkeit unter 98% herunter geht, hängt davon ab, welchen Einfluss jeder dieser Faktoren ausübt.

Die Wirksamkeit eines Riemenantriebs hängt ab von: (1) der Stärke des Riemens im Verhältnis zum Durchmesser der kleinsten Scheibe, (2) der Riemengeschwindigkeit im Verhältnis zu dem Durchmesser der kleinsten Scheibe, (3) dem Auflagerbogen auf der kleinsten Scheibe, (4) der Gesamtspannung auf beiden Riemenseiten und (5) der Beschaffenheit der Scheibenoberflächen. Die höchstmögliche Wirksamkeit kann 98% betragen; hinsichtlich des niedrigsten Wirkungsgrades kann kein fester Wert angegeben werden. Die in Zementfabriken oft herrschende staubige Luft macht es sehr schwierig, eine gute Riemenoberfläche zu erhalten.

An dieser Stelle mag auf den Lennix-Antrieb verwiesen werden. Die Anordnung dieses Antriebs zeigt in Diagrammform Abb. 2 (siehe Seite 405). Bei dem Lennix-Trieb wird der natürliche Auflagerbogen des Riemens an der kleinsten Scheibe vergrössert durch Anwendung einer Spannrolle an der schlaffen Seite des Riemens, und zwar entweder dort, wo dieser die Triebscheibe berührt oder wo er die getriebene Scheibe verlässt, je nachdem, welche die kleinere ist. Das tatsächliche Gewicht oder der durch die Spannrolle ausgeübte Druck kann so zur Wirkung gebracht werden, dass der Druck des Riemens auf die Triebscheibe und die Triebspannung automatisch sich auf jede Aenderung des Drucks oder der übertragenen Kraft einstellen. Wenn alle sonstigen Verhältnisse zweckentsprechend sind, so sollte diese automatische Vorrichtung höchsten Wirkungsgrad gewährleisten. Es liegen jedoch noch keine tatsächlichen Werte vor. Der Lennix-Trieb ermöglicht es, Treibriemen dann besonders wirkungsvoll zu trieben, wenn die Scheibenmittelpunkte nahe bei einander liegen und beträchtliche Durchmesserdifferenz aufweisen. Ein Geschwindigkeitsverhältnis von 8 : 1 oder von selbst 10 : 1 bei nahe liegenden Mittelpunkten ist mittels Anwendung eines Lennix-Triebes möglich, ein Charakteristikum, das diese besondere Form des Triebes unter vielen Bedingungen sehr wertvoll macht.

Die Lagerbeanspruchung bei Riemenantrieb wird ähnlich resp. möglicherweise etwas grösser âls beim Seil-Antrieb sein, weshalb die Ausführung und die Grösse der Lager entsprechend vergesehen werden sollte. Ausser der reinen Spannung, die zur Kraftübertragung nötig ist, ist weiterer Druck erforderlich, um bei Riemenverwendung Gleiten zu vermeiden.

Ketten-Antriebe.—Kettenantriebe sind in neuerer Zeit allgemeiner zur Anwendung gekommen, und es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, dass die bestimmenden Faktoren in Verbindung mit Kettenantrieb den beim Seil-und Riemenantriebe herrschenden entgegengesetzt sind. Beim Seil-und Riementriebe haben wir es mit verhältnismässig leichten Seilen oder Bändern zu tun, die geringe Kraftmengen mit hoher Geschwindigkeit übertragen; beim Kettenantriebe handelt es sich um schwere Ketten, die grosse Kräfte bei verhältnismässig niedriger Geschwindigkeit übertragen. Die Erfahrungen, die daher mit dem einen Trieb-Typ gesammelt sind, geben nicht den geringsten Anhalt für einen anderen, weil dieser völlig verschiedenes Prinzip befolgt.

Es bestehen zwei grundsätzlich unterschiedene Typen des Kettenantriebs Der eine ist der alte, primitive Typ mit grossen Gliederketten, wie sie für Förderbänder, Elevatoren und ähnliche Zwecke benutzt werden, deren Gelenke gewöhnlich aus Gusseisen (geschmiedet) sind, und bei denen die

aufgelegte Kette Kettenräder aus Gusseisen mit gehärteten Zähnen oder aus Manganstahl passiert. Dieser Ketten-Typ hat sich bewährt und wird wahrscheinlich auch weiter gute Dienste leisten. Die Geschwindigkeit und die Spannkraft indessen müssen verhältnismassig niedrig gehalten werden. Die Prospekte der Fabrikanten setzen als Höchstgeschwindigkeit für diese Art Ketten gewöhnlich 300 bis 360 m in der Minute fest, doch müssen die Bedingungen sehr günstige sein, wenn die Ketten mit dieser Geschwindigkeit laufen. Der Druck muss selbstverständlich gleichförmig gehalten werden und bedenkliches ruckweises Arbeiten wie das Risiko von Hemmungen darf nicht vorhanden sein; wenn solches vorkommt, wird die Kette vermutlich brechen. Diese Art van Kette ist sehr bequem und für viele Zwecke gut verwendbar, doch kann man sie nicht als ein kraftübertragendes Element für grosse Kraftmengen ansehen.

Der andere Kettentyp ist von durchweg besserer Bauart; die Konstruktion ist vollkommen anders. Der Gliederabstand ist viel kleiner und gleichmässig, er ist mit präziser Genauigkeit konstruiert und stellt einen tatsächlich erstklassigen Mechanismus dar. Die Zähne der Räder, welche die Kette fassen, sind maschinell ausgeschnitten unter Einhaltung akkurater Grenzen. Diese Kette eignet sich zur Uebertragung grosser Kraftmengen bei verhältnismässig hohen Umdrehungsgeschwindigkeiten; vorausgesetzt, dass die sonstigen Bedingungen gute sind, kann sie mit Geschwindigkeiten bis zu 600 m in der Minute und selbst noch grösseren bei besonderen Verhältnissen laufen.

Diese Kettenart wird für sehr viele Zwecke in der Maschinenwerkzeug- und Holzbearbeitungsindustrie verwendet; unter gewissen Bedingungen sind verschiedene Sätze in dem gleichen Getriebekasten zur Erzielung von Antrieben mit verstellbarer Geschwindigkeit vorhanden. In der Zementindustrie können Ketten dieser Art als geschwindigkeitssteigerndes Element von einer langsam laufenden auf eine schneller laufende Welle oder von einer schneller laufenden auf eine langsamer laufende Welle benutzt werden. Der Trieb kann an jedem Paar von Wellen mit nahen Zentren angebracht werden; die Entfernung kann selbst so kurz sein, dass die Köpfe der Zähne gerade klar aneinander vorbeilaufen. Die Wellenlager müssen sehr stabil konstruiert sein. Die Lager sollten sich in unmittelbarer Nähe der Räder befinden. Die Ketten und die Räder sollten, wenn irgend möglich, sich in einem öldichten Behältnis befinden und ein verlässliches Schmiersystem sollte vorgesehen werden.

Stirnrad-Getriebe.—Die Kraftübertragung durch Stirnrad-Getriebe ist ebenfalls allgemein gebräuchlich. Es ist eine der ältesten Formen der Kraftübertragung, und der Antrieb von Elevatoren, Förderbändern, allen Mühlenarten, Trocknern, Oefen, Kühlern usw. wird gewöhnlich durch diesen Typ des Getriebes bewirkt. Ursprünglich wurden Stirnrad-Getriebe aus vollständigen Modellen gegossen, oder sie wurden aus Teilmodellen geformt mittels einer Formmaschine, doch besitzen beide Methoden ihre Nachteile, und diese Nachteile begrenzen die Höhe der übertragbaren Kraft oder die Geschwindigkeit, mit der die Räder laufen können.

Um höhere Betriebsgeschwindigkeiten und ruhigeren Lauf unter gewissen Bedingungen für bestimmte Zwecke zu erhalten, fasst gewöhnlich ein Gusseisenrad mit aufgesetzten Zähnen in die Holzzähne (Keilzähne) eines anderen Rades. Räderpaare dieser Art konnten hergestellt werden, um bis zu 100 PS zu übertragen; die Teilkreis-Geschwindigkeit konnte gross sein, doch musste der gegenseitige Zahn-Druck niedrig gehalten werden; die hölzernen Zähne mussten nichtsdestoweniger häufig erneuert werden. Der Vorteil dieser

Art Getriebe war der eines ruhigen Laufs und der weniger grossen Wichtigkeit der Schmierung.

Hierauf wurden Gusstahlgetriebe, aus Formkästen und Maschinenformen entformt, eingeführt. Zahnräder aus diesem Metall brachen selten aus, doch nutzten sie sich häufig schnell ab infolge ungenügender Schmierung; sie waren überdies sehr laut. Eine grosse Verbesserung wurde bewirkt, als maschinell gefräste Zähne zur Einführung gelangten.

Wegen der Ungenauigkeit der Zähne ist es nicht ratsam, aus Formen hergestellte, gusseiserne Getriebe mit grösseren Geschwindigkeiten als 500 oder 550 m in der Minute laufen zu lassen, und selbst unter diesen Bedingungen kann es sich als notwendig erweisen, den Druck der Zähne gegeneinander niedrig zu halten. Wenn die Geschwindigkeit oder der Druck zu hoch sind, so wird der durch mangelnde Präzision hervorgerufene Stoss Bruch der Zähne auslösen. Wird das Gusseisen durch Gussstahl ersetzt, so fällt der Bruch fort, doch wird der Lärm vermehrt. Lärm ist keine ernsthaft bedenkliche Angelegenheit, doch ist der Lärm ein Zeichen für Stösse, Geschwindigkeitszuwachs wie-abfall bei ausserordentlichem Verschleiss und sollte daher als solcher reduziert oder völlig ausgeschaltet werden. Jede mögliche Sorgfalt muss angewendet werden, um präzise Arbeit der Glieder zu erreichen.

Eine ungeheure Verbesserung der Betriebsverhältnisse wurde durch Einführung der maschinell gefrästen Zähne bewirkt. Diese Verbesserung ermöglichte höhere Geschwindigkeit und grösseren, gegenseitigen Druck der Zähne; sie schaffte ruhigeren Lauf und ermöglichte die Anwendung wirksamer Schmierung. Die verbesserten Bedingungen verlangten sorgfältigere Montage und peinlichere Wartung. Die Kosten der Montage sind notwendigerweise höher, aber es kann mehr Kraft übertragen werden, die Lebensdauer ist grösser und die wirtschaftliche Ausnutzung besser. Bezeichnende aber tatsächliche Werte, wie sie aus einem alten sehr verbreiteten Typ eines aus Gusseisen geformten Mühlengetriebes erhalten wurden, sind im Folgenden angeführt und mit ähnlichen Werten von einem verhältnismässig neuen Mühlentyp, der mit maschinell gefrästen Stahlgetriebe ausgestattet ist, verglichen. Sie zeigen den gemachten Fortschritt und das an, was bei Getriebewahl und Betriebsführung erreicht werden kann. Die alte Mühle wurde durch einen gusseisernen Stirnkranz mit 100 Zähnen von 7.24 cm Abstand, 25.4 cm Breite und 26 Umdrehungen in der Minute getrieben und verbrauchte 100 effektive Pferdestärken. Die Teilkreis-Geschwindigkeit betrug 190 m in der Minute und der Zahndruck 95 kg/cm Breite. Die neue Mühle wird durch ein Gussstahlrad mit 139 Zähnen von 8.76 cm Abstand und 31.6 cm Breite getrieben; sie macht 24.5 Umdrehungen in der Minute und verbraucht 750 effektive Pferdestärken. Die Teilkreis-Geschwindigkeit beträgt beinahe 300 m in der Minute und der Zahndruck 360 kg/cm Breite. Das alte Getriebe war offen gebaut und wurde nur gelegentlich mit Fett geschmiert; das andere Getriebe ist vollkommen gekapselt und läuft in einem Oelbad. Die Lebensdauer des letzteren Getriebes verspricht beträchtlich grösser zu werden als die des ersteren, trotzdem die Bedingungen von Druck und Geschwindigkeit wesentlich schwerere sind.

Ofen-Zahnradgetriebe.—Besondere Berücksichtigung mögen die Zahnradgetriebe des Ofens finden. Diese Getriebe sind ausschliesslich aus Gusstahl, der Druck der Zähne aufeinander ist bei den ersten Paaren einigermassen niedrig doch kann er beim letzten Zahnpaar 700—900 kg/cm Breite erreichen; die Geschwindigkeit ist sehr gering.

Diese Getriebe sind gewöhnlich nach Modellen oder maschinellen Formen angefertigt und zwar werden meist drei oder vier Getriebepaare verwendet. Wenn man für jedes Getriebepaar einen Wirkungsgrad von 87.5% annimmt, wird die mögliche Ausnutzung jedes Getriebes mit Welle 85% und der allgemeine Wirkungsgrad 50% betragen; die Ausnutzung ist grösser, wenn die Getriebe eine gute Form haben und nur ein geringer Verschleiss stattgefunden hat. Wenn maschinell gefräste Getriebe von Anfang an einmontiert wären, so würden die entsprechenden Werte 97%, 94.5% und 79% betragen können.

Antrieb durch elektrische Kraft.—Der Antrieb durch elektrische Kraft wird allgemein üblich, und die Art der Kraftverteilung beginnt sich auf völlig verschiedenener Grundlage zu entwickeln. Ursprünglich waren die Fabrikationsmaschinen um die Kraft erzeugende Maschineneinheit gruppiert und zwar oft zum Nachteil der ersteren. Der elektrische Antrieb macht es möglich, die Fabrikationsmaschinen in der bestmöglichen Lage für ihre entsprechenden Aufgaben zu plazieren.

Durch den Bezug der elektrischen Kraft im Ganzen ist Wechselstrom allgemein üblich geworden, und die Type des Motors verlangt nunmehr sorgfältige Auswahl. Es sei festgestellt, dass hochtourige Kurzschluss-Motore sehr beliebt werden für Stärken bis zu 20 PS, vorausgesetzt, dass der zum Anlassen benötigte Strom nicht zu stark ist für die Lieferquelle. Schleifringmaschinen werden für grössere Stärken eingebaut und dann, wenn Anlasstourenzahl und Geschwindigkeiten geschaltet werden müssen. Bei Gleichstrom sind sowohl Geschwindigkeit wie Schaltung leichter bewirkbar; es können jedoch gegen die Verwendung von Gleichstrom-Maschinen Bedenken bestehen.

Elektrische Motore sind zumeist Maschinen von hoher Tourenzahl, und in den meisten Fällen ist es notwendig, zwischen Motor und zu treibende Maschine eine Art von Drosselungsvorrichtung einzuschalten. Ist die Reduzierung gering, sagen wir von 6 bis auf 1, so kann ein Stirnradgetriebe benutzt werden; wenn die Drosselung, sagen wir, zwischen 10 : 1 bis 30 : 1 liegt, so muss ein Doppel-Stirnradgetriebe oder eine Schneckenradgetriebe verwendet werden. Diese Drosselungsvorrichtungen können bequem und leicht eingebaut werden; sie können in jeder gewünschten Stellung plaziert und ihre Schalter können, fern vom Motor, an jeder verlangten Stelle gruppiert werden.

Unter gewissen Bedingungen kann es sich als wünschenswert erweisen, den Motor direkt durch eine Gelenkkupplung mit der zu treibenden Maschine zu verbinden; geschieht dieses, so können für Ventilatoren, Gebläse, Zentrifugalpumpen usw. Motore mit hoher Tourenzahl verwendet werden. Weniger schnell oder langsam laufende Motore können ebenfalls in gleicher Weise mit der Gegenwelle von Kugelmühlen, Rohrmühlen usw. gekuppelt und so ein besonderes Zahnradgetriebe ganz gespart werden; es soll jedoch bemerkt werden, dass der Wirkungsgrad eines langsam laufenden Motors niedriger als der eines schnell laufenden, und dass der Kraftkoeffizient beträchtlich klein ist. Wenn der Motor eine beträchtliche Stärke besitzt und es die Betriebsbedingungen rechtfertigen, sollte die Maschine vom Auto-Synchrontyp sein, der es möglich macht, den Kraftkoeffizienten auf jede gewünschte Weise zu steigern.

Eine andere Methode würde darin bestehen, einen gedrosselten Motor zu verwenden, und zwar einen schnell laufenden mit einfachem, doppeltem oder sogar dreifachem Reduktionsgetriebe im gleichen Gehäuse ausgerüsteten Motor,

der bei der gewünschten Geschwindigkeit mit der langsam laufenden Welle arbeitet. Diese Typen sind drauf und dran, auf dem Kontinent sehr populär zu werden. Die arbeitenden Teile des Getriebes sind aus legiertem, gehärtetem Stahl hergestellt. Die Lager sind vom Kugel-und Walzentyp. Die Maschine ist als solche ein hochwertiges Antriebselement mit einem allgemeinen Wirkungsgrad,—elektrisch wie mechanisch—, von 90 bis 92% und einer Geschwindigkeits-Drosselung von 1500 Touren in der Minute herunter bis zu jedem gewünschtem Wert, herab bis zu 20 Touren in der Minute.

Allgemeines.—Bei der Wahl dieser verschiedenen Möglichkeiten erhebt sich die natürliche Frage: „Welche ist die wahrscheinlich beste und wirksamste?" Die Lage oder der Zweck bestimmen gewöhnlich den Typ des zu verwendenden Antriebs oder Zahnradgetriebes, obwohl gewöhnlich Auswahl möglich ist. Der Wirkungsgrad darf nicht aus den Augen gelassen werden; zu grosse Bedeutung sollte jedoch der Erreichung eines hohen Wertes nicht beigemessen werden, da ein hohr Wirkungsgrad sich nicht immer als rationell erweist. Der Wirkungsgrad von Seil-und Riemenantrieben ist behandelt worden, und es erscheint möglich einen Wert bis zu 98% bei voller Geschwindigkeit mit gutem Lauf und unter günstigen Bedingungen zu erreichen.

Bei Betrachtung der Möglichkeiten von Kettenantrieben muss ein Trennungsstrich gezogen werden zwischen hochwertigen und primitiven Trieben. Antriebe, die durch erstklassige Präzisionsketten mit maschinell gefrästen, vollkommen gekapselten, bad-geschmierten Zähnen bewirkt werden, würden einen Wirkungsgrad gleicher Grössenordnung, nämlich 98%, wie ein einfaches Paar maschinell geschnittener Stirnradgetriebe besitzen. Andrerseits würde der Wirkungsgrad einer gehämmerten Eisengelenkkette, die in die rauhe Oberfläche der Zähne eines Gusseisenrades fasst, besonders dann sehr niedrig sein, wenn dies neu ist; die letztere Kette ist mehr eine Angelegenheit der Zweckmässigkeit als die einer wirksamen Kraftübertragung. Der Wirkungsgrad eines Stirnradgetriebes kann sehr hoch und sehr niedrig sein; er ist abhängig von dem Profil der Zähne, der Gleichförmigkeit des Zahnabstandes, der Ebenheit der berührenden Oberfläche, dem Druck auf die Zähne und von der Wirksamkeit der Schmierung. Ein hochwertiges, völlig gekapseltes, bad-geschmiertes Getriebe mit einem Geschwindigkeitsverhältnis von, sagen, wir, 5 zu 1, das unter günstigen Bedingungen arbeitet, besitzt einen Wirkungsgrad von 98 bis 98.5%. Ein doppelt oder dreifach reduziertes, völlig gekapseltes Getriebe der gleichen Güte wird unter günstigsten Bedingungen einen Wirkungsgrad von 96.5 bis 97.5, bezw. von 95 bis 96% besitzen.

Andrerseits dürfte der Wirkungsgrad von modell-und maschinell geformten Getrieben sehr niedrig, wahrscheinlich um 85 bis 90% herum liegen; der Wirkungsgrad von abgenutzten und stark gerippten Getrieben dürfte von der gleichen Grössenordnung sein; unter ungünstigsten Bedinungen kann er so niedrig wie 80 oder selbst 75% liegen.

Der Wirkungsgrad eines völlig gekapselten Kegelradgetriebes kann die Grösse von 95% erreichen, obwohl keine Zahlenwerte zur Verfügung stehen; doch ist der Wirkungsgrad eines gewöhnlich angewendeten Kegelradgetriebes von gleichbleibender Niedrigkeit. Kegelrad-Antriebe sollten, wenn irgend möglich, vermieden werden.

Der Wirkungsgrad eines Schneckengetriebes hängt im allgemeinen von dem Geschwindigkeitsverhältnis (Voreilungswinkel) ab. Ist das Geschwindigkeitsverhältnis von der Grösse $7\frac{1}{2}$ zu 1, so dürfte der Wirkungsgrad 93 bis 94%

betragen; wenn er 30 zu 1 wird, so dürfte er so niedrig wie 85% sein. Eine graphische Darstellung zeigt Abb. 3 (siehe Seite 410); sie zeigt das Mass des Abfalls hinsichtlich des Wirkungsgrades von hochwertigen Schneckengetrieben. Der grosse Vorzug des Schneckengetriebes besteht darin, dass es die Geschwindigkeit in grossem Massstabe reduzieren kann und dass es ruhig läuft.

Es sollen auch die Getriebe mit regulierbaren Geschwindigkeiten erwähnt werden; diese Art von Getrieben wird oft benötigt für Oefen, Kohlenzufuhr, Schlammzufuhr, Mühlenzufuhr, Extraktionsgetriebe usw. sowie für verschiedene andere Zwecke. Dem Anschein nach existiert kein Getriebe mit regulierbarer Geschwindigkeit für schwere Beanspruchungen, das mechanisch einwandfrei ist und einen rationellen Wirkungsgrad aufweist; es sind einige Typen kleiner Getriebe von sagen wir 20 bis 25 PS vorhanden, doch sind die Schaltungen dieser nicht geeignet, um aus der Ferne bedient zu werden.

Ist Gleichstrom vorhanden, so ist es leicht möglich, alle vernunftgemässen Geschwindigkeiten zu erreichen, die durch eine obere Maximal-und untere Minimalgeschwindigkeit des Motors begrenzt sind. Die zur Erreichung dieser Regulierung vorgesehene Vorrichtung kann an jeder, vom Motor entfernt, bequem liegenden Stelle eingebaut werden. Wird Drehstrom verwendet, ist es notwendig, entweder einen Motor mit zwei Geschwindigkeiten zu benutzen oder einen Motor vom Umschalt-Typ. Der Umschalt-Drehstrommotor sieht einen beträchtlichen Spielraum für Geschwindigkeitsänderungen vor, ist jedoch bis heute eine sehr teure Maschine und zwar derart, dass sie kaum ökonomisch sein dürfte. Mit diesen Maschinen wird der Geschwindigkeitswechsel mittels Aenderung der Bürsteneinstellung erreicht; es ist möglich, diesen Wechsel von einer entfernt gelegenen Stelle vorzunehmen. Der gleiche Maschinentyp wird auch verwendet, um konstante Geschwindigkeiten zu erhalten, die weit von den Synchrongeschwindigkeiten differieren; in diesem Falle jedoch werden die Bürsten eingestellt um die verlangte Geschwindigkeit zu erhalten und dann dauernd in dieser Stellung belassen. Ein wertvolles Prinzip hinsichtlich der Getriebe mit regulierbarer Geschwindigkeit lautet: „Versuche nicht etwas auf mechanischem Wege zu erreichen, was elektrisch ausgeführt werden kann."

Zusammenfassung.—Eine gekürzte Zusammenfassung der vorstehenden Darlegungen wird wie folgt lauten;

Seile.—Besonders geeignet für Hauptantriebe und für die Uebertragung grosser Kraftmengen von und auf langsam laufende Wellen. Baumwolle stellt das beste Material dar. Es ist unpraktisch Seile zu kreuzen. Die rationellste Geschwindigkeit ist 1460 m in der Minute. Der Wirkungsgrad beträgt bei voller Ausnutzung 97 bis 98%.

Riemen.—Besonders geeignet für sekundäre, leichte und sehr leichte Antriebe. Die Geschwindigkeit hängt ab von der Natur und dem Zweck des Antriebs. Riemen können direkt oder über Kreuz laufen. Der höchstmögliche Wirkungsgrad beträgt bei voller Belastung 97 bis 98%.

Ketten.—Eingeteilt in zwei Klassen: (1) Roh-oder Zweckantriebe, (2) hochwertige Präzisionsantriebe. Die ersteren werden nur aus Zweckgründen verwendet; Leistung und Geschwindigkeit können klein, der Wirkungsgrad sehr niedrig sein. Die zweiten können wichtigen Zwecken dienen; die Geschwindigkeit darf gross sein, ebenso die zu übertragende Kraftmenge; sie arbeiten mit nahe bei einander liegenden Wellenzentren. Der Wirkungsgrad beträgt bei voller Beanspruchung, wenn völlige Kapselung und Badschmierung vorgesehen sind, auch 97 bis 98%.

Getriebe.—Grundsätzlich unterschieden nach Stirn-und Kegelrad, Roh-und Feingetriebe. Stirnradgetriebe werden allgemein verwendet: (*a*) modell-und maschinell geformt für niedrige und mittlere Drucke und Geschwindigkeiten; (*b*) maschinell gefräste Präzisionsgetriebe für hohe Drucke und grosse Geschwindigkeiten. Höchstmöglicher Wirkungsgrad beträgt bei Maschinenfräsung und Badschmierung ebenfalls 97 bis 98%. Wegen der Schwierigkeiten der präzisen Konstruktion, des Ausrichtens und der Einhaltung der Austrichtung von Kegelradgetrieben, sind die Geschwindigkeit, Zahndruck und Leistung dieser Art Getriebe stets kleiner als die der Stirnradgetriebe; auch der Wirkungsgrad wird niedriger sein. Kegelradgetriebe sollten, wenn irgend möglich, vermieden werden.

Elektrische Kraftübertragung.—Wo Kraft billig zur Verfügung steht, sollten elektrische Antriebe nach dem Einheitssystem Verwendung finden; die Tourenzahl des Motors mit der sich ergebenden Wirkung etwa notwendig werdender Reduktion muss auf rationeller Grundlage in Erwägung gezogen werden. Der Wirkungsgrad des Motors wird 90 bis 94 oder 95% bei voller Belastung betragen. Der Wirkungsgrad des Reduktionsgetriebes geht aus den vorstehenden Angaben hervor.

Verschiedenes.—Geschwindigkeitsregulierung kann in befriedigenderer Weise auf elektrischem als auf anderem Wege erreicht werden. Gleichstrom schafft gegenwärtig die rationellste Möglichkeit für Regulierungen in verhünftigen Grenzen mit dem gleichzeitigen Vorteil der bequemen Schaltung von entfernter Stelle.

Heisser Zement.

von N. DAVEY, B.Sc.; A.M.Inst.C.E.
(Bauforschungsabteilung, England.)

Mit dem Ausdruck „heisser Zement" soll an dieser Stelle zum Ausdruck gebracht werden, dass der Zement bei der Berührung heiss ist. Der Zement wird durch die Reibungswärme während des Mahlens heiss und im allgemeinen wird der Zement, wenn er die Mühlen verlässt, höhere Temperaturen besitzen, je feiner er gemahlen ist.

Es kommt oft vor, dass Zement und insbesondere dass hochwertiger Zement sowie in Papiersäcken gelagerter Zement bei der Berührung merklich heiss sind, wenn sie an ihren Bestimmungsort anlangen. Es hat gelegentlich eine Unsicherheit hinsichtlich der Güte des Betons bei deren Verwendung bestanden.

Neben Versuchen, die durch die Strassenbauabteilung Tennessee, Nashville (Vereinigte Staaten von Amerika) ausgeführt wurden, und über die in den Fortschrittsberichten des amerikanischen Betoninstituts, 1929 auf Seite 434 berichtet wurde, ist wenig über diese Angelegenheit bekannt geworden. Die amerikanischen Versuche ergaben, dass, solange wie der Zement den physikalischen Anforderungen der Portlandzement-Normen der amerikanischen Gesellschaft fur Materialprüfungen entsprach, die Temperatur, mit der der Zement auf der Baustelle eintraf, nicht von Bedeutung war. Es wurden keine bemerkenswerten Unterschiede in der Druck-oder Zugfestigkeit sowie in anderen charakteristischen Eigenschaften ermittelt, obgleich eine etwas verkürzte Abbindezeit festgestellt wurde.

Die Building Research Station unternahm eine Reihe von Versuchen mit einem normalen Portlandzement, der den Zementnormen der Normengesellschaft

britischer Ingenieure entsprach, und die Ergebnisse, über die hier berichtet wird, bestätigen die in Amerika erhaltenen Resultate.

Es wurden mit einem Portlandzement-Fabrikanten Vereinbarungen getroffen, nach denen Vertreter der Building Research Station dessen Werke besuchen und Zementmuster sofort nach dem Verlassen der Mühlen entnehmen konnten. Die Temperatur des Zements auf dem Förderband, das den Zement von den Mühlen zu den Lagersilos transportierte, betrug, 140° C.

Die ersten Versuche der Bestimmung der Abbindezeit und die Herstellung von Mörtelprobekörpern wurden in dem Untersuchungslaboratorium der Fabrik mit Zement, der eine halbe Stunde alt war, ausgeführt. Die Temperatur war von 140° auf 122° C gefallen, jedoch war diese Temperatur noch immer sehr viel höher als die Temperatur, die der Zement bei Erreichung seiner Bestimmungsstation wahrscheinlich besitzt. Die Ergebnisse der Normenprüfung für den auf 16° C abgekühlten Zement, zwei Tage nach dem Verlassen des Ofens, sind in Tabelle I zusammengefasst.

Unter Verwendung besonders konstruierter Aufbewahrungsbehälter und von Vakuumgefässen wurde der bei den Mühlen mit einer Temperatur von 140° C entnommene Zement nach der Building Research Station ohne merklichen Wärmeverlust geschafft. Auf diese Weise konnten die in der Fabrik ausgeführten Versuche zu verschiedenen Zeitpunkten, in dem Masse wie sich der Zement abkühlte, wiederholt werden. Die ersten Serien mit Betonversuchen wurden auf der Building Research Station mit Zement ausgeführt, der eine Temperatur von 120° C besass und weniger als vier Stunden alt war.

TABELLE 1.

	Chemische Zusammensetzung.
SiO_2	22.18%
Al_2O_3	5.10%
Fe_2O_3	3.69%
TiO_2	0.69%
CaO	63.10%
MgO	1.51%
Na_2O	0.42%
K_2O	0.82%
SO_3	2.17%
Glühverlust a.d. Diff.	0.32%
	100.00%

Siebanalyse—

Rückstand auf dem 4900 Maschen/qcm—Siebe 7.26%
,, ,, ,, 900 ,, ,, ,, 0.21%

Raumbeständigkeit—

Le Chatelierprobe: 9 mm Ausdehnung (nicht der Luft ausgesetzt)
2.5 mm ,, (24 h der Luft ausgesetzt)

Zugfestigkeit—

Reiner Zement nach 7 Tagen	57.37 kg/qcm
Zement-Sandmörtel nach 7 Tagen	26.15 ,,
,, ,, ,, 28 ,,	31.71 ,,

Die Abbindezeitversuche nach Tabelle 2 (Seite 416) und die Zugfestigkeitsversuche nach Tabelle 3 (Seite 417) wurden mit Zementproben ausgeführt, welche in grossen Vakuumgefässen gelagert worden waren, während der Beton aus Mustern hergestellt wurde, die in besonders angefertigten, isolierten Behältern von grösserem Fassungsvermögen gelagert waren. Der Wärmeverlust war bei den beiden Typen verschieden gross, und daher schwankte die

Temperatur zu bestimmten Zeitpunkten etwas. Zum Beispiel war die Temperatur des Zements nach 18-stündiger Lagerung in den Vakuumgefässen 65° C, während sie in den grösseren Behältern auf 30° C gefallen war.

Für die Versuche zur Bestimmung der Abbindezeit wurde der reine Zement gerade mit so viel Wasser angemacht, dass sich eine Konsistenz ergab, die durch Einsinken von 5 mm des Vicat-Kolbens charakterisiert war. Diese Konsistenz entsprach einem Auseinanderfliessen von 12.7 cm auf dem Fliesstisch. War der Zement heiss, so war mehr Wasser erforderlich, um diese Konsistenz zu erhalten. Die Werte in Abbildung 1 zeigen, dass heisser Zement schneller als abgekühlter Zement abbindet, und dass sich diese Einwirkung mehr im Falle des Abbindebeginns ausprägt. Es war jedoch hinsichtlich des Abbindeendes nur ein Unterschied von einer halben Stunde zwischen dem Zement, der 120° C beim Mischen warm war und dem Zement, der 15° C warm war, vorhanden. Diese Differenz kann man als unbedeutend ansehen.

In der Abb. 1 (Seite 414) zeigen die Werte auf der Vertikalen die Abbindezeiten des heissen Zements in Stunden an, während auf der Horizontalen das Alter des Zements von einer halben Stunde bis zu 20 Tagen aufgetragen ist. Bei Abb. 2 (Seite 415) bedeuten die Werte auf der Vertikalen die Zugfestigkeiten von Zement-Sand-Probekörpern aus heissem Zement in Pfund/Quadratzoll, während die Werte auf der Horizontalen das Alter des Zements vor dem Anmachen von 0 bis 20 Tagen anzeigen.

In Tabelle 2 (Seite 416) sind die Zugfestigkeitswerte von 1 : 3 gemischten Normenprobekörpern nach 2,6 und 27-tägiger Wasserlagerung nach voraufgegangener eintägiger Lagerung in feuchter Luft angegeben. Die Festigkeiten der Probekörper aus Zement, der 122° C heiss war, bevor Wasser und Sand zugesetzt wurden, waren niedriger als die mit Zement von 15° C erhaltenen, und zwar schwankten die Festigkeitsrückgänge von 21% nach 3 Tagen bis zu 16.5% nach 28 Tagen. Alle Proben erfüllten indessen die Anforderungen der englischen Normenvorschriften.

ANMERKUNG DER SCHRIFTLEITUNG.

Der Herausgeber der internationalen Zeitschrift „Cement and Cement Manufacture" fordert die Leser dieser Zeitschrift auf, ihm Artikel zur Veröffentlichung zur Verfügung zu stellen. Das Manuskript kann in englischer französischer, deutscher oder spanischer Sprache eingereicht werden und wird in die drei anderen Sprachen durch Fachleute übersetzt.

Es werden Abhandlungen erbeten über alle neuen Gedanken oder Entwicklungen in der Herstellung, Chemie oder Prüfung von Zement oder über verwandte Themata, die für die Zementindustrie von allgemeinem Interesse sind. Beschreibungen und Ansichten neuer, in allen Teilen der Welt errichteter Zementfabriken sind ebenfalls willkommen.

Die Hersteller von Zementmaschinen sind ebenfalls aufgefordert, Mitteilungen und Ansichten zur Verfügung zu stellen, welche sich auf neue von ihnen erbaute Werke und Neueinrichtungen ihrer Fabriken beziehen. Derartige Beiträge sind eingeschrieben zu senden an den Herausgeber von „Cement and Cement Manufacture," Dartmouth Street 20, Westminster, London, S.W.1 (England).

Die Druckfestigkeiten von Beton aus Zement von verschiedener Temperatur sind in Tabelle 4 (Seite 418) zusammengefasst, und sie zeigen, dass in einer Mischung von z.B. 1 : 2 : 4, bei der der Zementgehalt verhältnismässig klein ist, eine offensichtliche Einwirkung auf die Festigkeit, wahrscheinlich infolge der schnellen Wärmeübertragung auf die Zuschlagstoffe und das Wasser, nicht eintritt. Es wurden zylindrische Druckprobekörper von 20.3 cm Höhe und 10.2 cm Durchmesser verwendet. Die aus diesen Probekörpern ermittelte Druckbeanspruchung erwies sich nach Versuchen der Building Research Station ungefähr gleich 75% der Druckfestigkeiten, die sich bei Probekörpern in Würfelform—eine Form, die in vielen Laboratorien verwendet wird—ergaben. Die entsprechenden Festigkeiten von Würfeln dürften daher etwa 30% höher sein, als sie nach Tabelle 4 erhalten sind.

Eine statistische Auswertung der Festigkeitsversuche in den Tabellen 2 und 3 zeigt (Seite 416 und 417), dass eine bestimmte Wichtigkeit den kleinen Festigkeitsschwankungen bei den Proben, die innerhalb 18 Stunden nach dem Mahlen verarbeitet wurden, beizumessen ist. Die Schwankungen sind jedoch geringfügig und stellen einen maximalen Festigkeitsabfall der Mörtel um 10% dar, dagegen einen Festigkeitszuwachs bei Herstellung von Beton. Die Schwankungen der Festigkeit zwischen Proben, die zu einem späteren Zeitpunkt nach dem Mahlen verarbeitet wurden, sind nicht bedeutsam. Im allgemeinen wird man folgern dürfen, dass die Einflüsse der Verwendung von heissem Zement unter den Bedingungen, wie sie vermutlich auf der Baustelle herrschen, unwichtig sind.

Am 23 Juli 1929 wurde in Gegenwart eines Vertreters der Building Research Station ein Teil einer Betonstrasse verlegt. Das Stück war etwa 6.5 qm gross und lag neben einem Güterladeplatz, wo es einer sehr starken Beanspruchung ausgesetzt war. Die Gesamtstärke des Betonbelags betrug 19.05 cm; der 12.7 cm starke Unterbeton war aus einer Mischung von 1 Teil Portlandzement zu 1.67 Teilen Kies zu 1.3 Teilen Ziegelschotter zusammengesetzt. Die Mischung war steif und verlangte erhebliche Stampfarbeit. Der Oberbeton von 6.35 cm Stärke hatte die Zusammensetzung von einem Teil Portlandzement, einem Teil zerkleinertem Grobkies (unter 1.27 cm Grösse) und 1.5 Teilen Kies. Es wurde so ausreichend Wasser zu der Mischung gegeben, dass sich eine Konsistenz ergab, die etwa einer Slump-Probe von 10.16 bis 12.7 cm entsprach.

Die Temperatur des verwendeten Zements betrug 115° C, als er auf die Mischfläche entleert wurde. Die Temperaturen einer Portion Beton, die für die Oberschicht verwendet wurde, waren wie folgt:

Temperatur des Zements	115° C
Temperatur des Wassers	22° C
Temperatur des Zements und der Zuschläge, trocken gemischt ...	40° C
Temperatur des Zements und der Zuschläge, nass gemischt ...	32° C

Diese Werte sind typisch für den zur Oberschicht der ganzen Fläche verwendeten Beton.

Der Verkehr wurde auf der Fläche nach zwei Tagen freigegeben, und der Beton wurde bis dahin feucht gehalten. Nach elf Wochen schwerer Beanspruchung wurde der Beton durch einen Vertreter der Building Research Station inspiziert. Der Beton befand sich in ausgezeichneter Verfassung, da keine Risse und keine Zeichen der Zerstörung sichtbar waren.

Tabelle 2 (Seite 416) zeigt die Abbindezeiten des heissen Zements.

Spalte 1 gibt das Alter des geprüften Zements an.

Spalte 2 zeigt die Lagerungsbedingungen; die Versuche nach 30 Minuten wurden mit Zement, der direkt aus den Mühlen kam auf dem Zementwerk ausgeführt; die Versuche nach 3, 8 und 20 Tagen wurden mit Zement, der

in einem Vakuumgefäss aufbewahrt worden war in der Building Research Station ausgeführt; die Prüfung nach 14 Tagen erfolgte mit Zement, der 14 Tage, in 7.6 cm starker Schicht ausgebreitet, der Luft ausgesetzt war, in der Building Research Station.

Spalte 3 enthält die Temperatur des Zements, bevor das Anmachewasser zugesetzt wurde.

Spalte 4 zeigt die Temperatur des Zementbreis beim Formen an.

Spalte 5 gibt die Menge Wasser in Prozent auf trockenes Material berechnet an, die eine Konsistenz ergibt, welche einer Eindringung des Vicat-Kolbens bis zu 5 mm und einem Auseinanderfliessen auf dem Fliesstisch von 12.7 cm entspricht.

Spalte 6 enthält die Werte für den Abbindebeginn.

Spalte 7 enthält die Werte für das Abbindeende.

Tabelle 3 (Seite 417) enthält die Zugfestigkeitswerte für Zement-Sandmörtel aus heissem Zement.

Spalte 1 informiert über das Alter des Zements.

Spalte 2 gibt die Lagerungsverhältnisse an und zwar: (*a*) direkt von der Mühle; (*b*), (*c*), (*d*) und (*e*) in einem luftdichten Behälter; (*f*) 14 Tage in 7.6 cm starker Schicht der Luft ausgesetzt.

Spalte 3 zeigt die Temperatur des Zements vor dem Anmachen,

Spalte 4 die Temperatur des Mörtels beim Formen an.

Spalte 5 gibt die Menge des Anmachewassers in Prozent auf Zement berechnet an; (*) diese Serie von Probekörpern wurde im Laboratorium der Zementfabrik hergestellt.

Spalte 6 enthält die Werte für die Zugfestigkeit in Pfund/Quadratzoll nach 3, 7 und 28 Tagen. (†) Diese Serie wurde in dem Zementwerk ausgeführt, während die übrigen Versuche in der Building Research Station vorgenommen wurden. § Average. The last line in each section gives the probable error.

Tabelle 4 (Seite 418) enthält die Druckfestigkeitswerte eines 1 : 2 : 4 gemischten Betons aus heissem Zement.

Einzelheiten der Mischung: 1 Gewichtsteil Zement, 2 Gewichtsteile besonders scharfen, gewaschenen Sandes (Sieb von 0.635 cm passierend), 4 Gewichtsteile zerkleinerten, gewaschenen Kieses (zwischen 1.91 und 0.635 cm). Die zugesetzte Wassermenge war ausreichend, um eine Mischung von einer Konsistenz zu erzeugen, wie sie durch die 2.54 cm Slump-Probe gekennzeichnet ist.

Spalte 1 informiert über das Alter des Zements.

Spalte 2 über die Lagerungebedingungen (in allen Fällen im luftdichten Behälter).

Spalte 3 zeigt die Temperatur des Zements vor dem Mischen,

Spalte 4 die Temperatur des Mörtels beim Formen an.

Spalte 5 enthält Angaben über die Menge Anmachewasser in Prozent auf Zement berechnet.

Spalte 6 zeigt die Druckfestigkeiten in Pfund/Quadratzoll nach 3, 7 und 28 Tagen. § = Durchschnitt. Die letzte Spalte gibt den möglichen Versuchsfehler jeder Sektion an.

Umwandlung der Masse bei den Uebersetzungen.

Bei allen übersetzten Artikeln sind die Gewichts-und Masseinheiten angenähert in englische oder metrische Einheiten umgewandelt.

Der Drehofen bei der Zementherstellung.—II.

von W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

Der Verfasser hat im Laufe berufsmässiger Praxis die Erprobung von Drehöfen hinsichtlich Brennstoffverbrauch und Leistung auf neunzehn verschiedenen Werken überwacht. Im Laufe der Zeit ist ein systemhaftes Arbeitsverfahren herausgebildet worden. Es ist beabsichtigt, jetzt im allgemeinen die Art der Vornahme der wichtigeren, erforderlichen Messungen zu beschreiben und später Einzelheiten der massgebenden Prüfung zu geben. Eine Wärmebilanz soll ausgearbeitet werden, und die möglichen Ersparnisse an Kohle in diesem besonderen Falle sollen angedeutet werden.

Dauer der Prüfung.—Die Prüfung eines Drehofens dauerte gewöhnlich eine Woche. Der notwendige Zeitraum hängt teilweise von der Menge Kohle in den einzelnen Behältern und den Kohlentrocknungs-wie Mahlmaschinen, die beim Anfang wie Ende jeder Prüfung geschätzt werden muss, ab. Eine zu kurze Zeitspanne würde den Schätzungsfehler unverhältnismässig gross gestalten. Das Mass der Leistung des Ofens schwankt ebenfalls täglich, wahrscheinlich infolge der Bildung eines Klinker-Ringansatzes, kurzer Stillegungen, kleiner Aenderungen im Feuchtigkeitsgehalt und in der Zusammensetzung des Schlamms oder infolge nicht genügend getrockneter Staubkohle.

Eine massgebliche Prüfung muss sich daher über einen, mehrere Tage umfassenden Zeitraum erstrecken. Es ist auch eine grosse Zeit erforderlich, damit der Untersuchungsingenieur, der vorher mit dem Betrieb des Werks nicht vertraut war, die Arbeitsweise des Ofens mit den dazu gehörigen Kohlentrocknungs-und Mahlmaschinen in allen ihren Einzelheiten erfasst.

Messung der Rohkohle.—Bis heute werden in England noch nicht allgemein automatische Kohlen-Wägemaschinen verwendet. Die Betriebsleitung kennt ungefähr das Gewicht der gekauften Kohle und das Gewicht des verkauften Zements, und es ist üblich, halbjährlich zwischen beiden Werten eine Beziehung aufzustellen unter Berücksichtigung der Vorräte. Die Rohkohle gelangt zu den Werken, (*a*) in Eisenbahnwaggons oder (*b*) in Schuten.

Durch Bahn angelieferte Kohle.—Wenn die Werke eine Brückenwaage besitzen, die gross genug ist, um einen beladenen Kohlenwaggon zu fassen, dann ist das Problem verhältnismässig einfach, da die während der Prüfung benötigten Waggons gefüllt und später leer gewogen werden können, womit eine geeignete Registrierung gewährleistet wird. Andererseits ist es gelegentlich empfehlenswert, die Waggons auf der nächst gelegenen Eisenbahn-Brückenwaage wiegen zu lassen.

Steht eine Brückenwaage nicht zur Verfügung, so ist es häufig möglich, die Kohle direkt aus dem Eisenbahnwaggon in Schubkarren zu schaufeln. Die Kohle wird dann in Mengen von 125 kg auf einer Plattenwaage abgewogen. Es ist bequem, wenn die leeren Karren das gleiche Gewicht besitzen und genau 125 kg jedes Mal wiegen, weil es die Registrierung vereinfacht.

Für eine Fabrik mit einem 60 m langen Ofen wird es notwendig sein, in sieben Tagen oder 168 Stunden 350 t Kohle oder das doppelte Quantum bei einer Fabrik mit zwei Oefen abzuwiegen.

Durch Schute angelieferte Kohle.—Die Anlieferung mittels Schuten ist gewöhnlich unregelmässig und umfasst dann stets grössere Mengen. Die Kohle wird oft in einem Lager von flachem Boden oder in einem Schuppen abgelagert. Von hier kann sie mit Karren in Mengen zu je 125 kg, wie es

Für Abb. 1-7, siehe Januar-Heft.

vorher beschrieben wurde, abgewogen werden. Die Erfahrung lehrt, dass der, den Schubkarren fahrende Arbeiter nicht immer verlässlich ist hinsichtlich eines stets gleichen Gewichts oder hinsichtlich genauer Registrierung der Zahl der gewogenen Karren; es ist daher gewöhnlich nötig, drei Schreiber, je einen pro 8-stündiger Schricht vorzusehen, die das Abwiegen der Kohle überwachen.

Besondere Methoden der Kohlenabmessung.—Wenn, wie es oft der Fall ist, die Kohlentrocknungs-und Mahlanlage für mehr als einen Ofen arbeitet, so müssen solche Oefen als Einheit geprüft werden. In besonderen Fällen hat der Verfasser jedoch einen Ofen einer Gruppe geprüft, indem die getrocknete Staubkohle in einen Behälter aus dünnen Stahlplatten von 225 kg Fassungsvermögen, der auf einer Plattenwaage montiert war, abgewogen wurde. Das Gewicht wurde auf einem Zifferblatt von grossem Durchmesser angezeigt, wodurch leichte und schnelle Messung sicher gestellt wurden. Es war notwendig einen besonderen Elevator, zwei Transporteure zum Füllen und Leeren des Behälters und passende Zufuhr-wie Entleerungsventile vorzusehen. Bewegliche Verbindungen wurden mit dem Ein-und Auslass hergestellt, und der Apparat wurde beim Arbeiten staubdicht gemacht. Ein anderes, gelegentlich zum Messen des Gewichts von Staubkohle für einen Einzelofen angewendetes Verfahren besteht darin, die Umdrehungen der Zufuhrschnecke am Boden des Behälters auf der Brenn-Plattform zu registrieren und so infolge geeigneter Messung einen Wert zu erhalten, für das Gewicht der Staubkohle, die mit der Umdrehung jeder Zufuhrschnecke entnommen wird. Auf dieses Verfahren wird noch eingegangen werden bei der zu beschreibenden Prüfung. Es sollte nur dann verwendet werden, wenn eine direkte Messung der verwendeten Rohkohle unpraktisch ist.

Feuchtigkeit der Rohkohle.—Der Prozentgehalt an Feuchtigkeit in der Rohkohle sollte beim Wiegen bestimmt werden. Wird die Kohle in Karren abgewogen, so wird von jeder Karre eine kleine Probe genommen und in ein verschlossenes Gefäss getan. Die mit jeder 8-stündigen Schicht erhaltene Menge wird in passender Weise gemischt und in vier Teile geteilt. Zwei Feuchtigkeitsbestimmungen werden endlich hiermit gemacht. Bei Kohle, welche in Eisenbahnwaggons angeliefert wird, ist es im allgemeinen bequem, abgemessene Proben in regelmässigen Intervallen beim Entladen vom Transporteur, der die Kohle in die Rohkohlenbehälter über dem Kohlentrockner fördert, zu entnehmen.

Die Feuchtigkeit in der getrockneten Kohle.—Die Kenntnis der Feuchtigkeit in der getrockneten Kohle ist notwendig, um die Wirksamkeit des Kohlentrockners beurteilen zu können. Ein kleines Messgefass wird stündlich mit der den Trockner verlassenden Kohle gefüllt und sein Inhalt in ein verschlossenes Gefäss getan. Der Inhalt dieses wird gemischt und in vier Teile geteilt. Von jedem Durchschnittsmuster werden zwei Feuchtigkeitsbestimmungen gemacht.

Heizwert und Feuchtigkeit der Staubkohle.—Es ist verhältnismässig leicht, ein massgebliches Muster der Staubkohle zur Bestimmung des Heizwerts zu erlangen, indem man stündlich ein kleines Messgefass voll Kohle dort entnimmt, wo diese in das Kohlenfeuerungsrohr eintritt. Die in einer 8-stündigen Schicht erhaltenen Muster werden gemischt und in vier Teile geteilt. Von jedem Durchschnittsmuster werden zwei Bestimmungen des Heizwerts und der Feuchtigkeit gemacht. Als eine Regel kann gelten, dass die Feuchtigkeit in der Staubkohle etwas geringer ist, als die in der Kohle enthaltene Feuchtigkeitsmenge, wenn diese den Trockner verlässt, da ein gewisser Gehalt an Wasser bei der Mahloperation verloren geht.

Mahlfeinheit der Kohle.—Proben werden stündlich aus der, die Mühle verlassenden Kohle gezogen und auf den 4900 qcm und 1600 qcm Sieben geprüft.

Klinker-Messung.—In vielen Werken wird der Klinker direkt vom Kühlerauslauf auf Wagen von 50.8 oder 60.96 cm Normalmass, die 1 bis 1.5 t fassen, abgegeben; derartige Wagen werden dann auf einer Brückenwaage abgewogen und danach entweder in der Mahlanlage oder auf das Lager abgekippt. Es ist im allgemeinen notwendig, die Wiegemaschinen mit Normalgewichten (25 kg) zu prüfen und ausserdem dafür zu sorgen, dass ein geeigneter Arbeiter in jeder Schicht vorhanden ist, welcher das Wiegen überwacht und das Ergebnis notiert

Rotier-Waagen.—Auf anderen Werken ist für Klinker eine Rotier-Waage in Gebrauch gekommen; Abb. 8 (Seite 421) zeigt eine Zeichnung mit Erläuterungen zu dieser Waage. Ein kleiner Behälter kann in geeigneter Weise vorgesehen werden, um den Klinker der Trommel zuzuführen.

Wenn der Inhalt eines Sektors das richtige Gewicht erreicht hat, so sinkt die Trommel; diese Bewegung löst die Arretierungen G von dem Arretierungsstück F und die aus dem Gleichgewicht geratene Trommel dreht sich, wobei der abgewogene Klinker entleert wird. Sobald der Klinker anfängt, den Sektor zu verlassen, bringen die Gewichte am Hebel C die Trommel in ihre ursprüngliche Stellung, und der automatisch arbeitende Arretierungs-Mechanismus verhindert, dass die Trommel sich mehr als um eine 0.25 Drehung dreht. Die Trommel wird in dieser Lage während des Füllens mittels Feder reguliertem Hebel H gehalten.

Die Entleerung per Sektor ist nicht immer gleichmässig und während der Untersuchung sollte das Wiegen in regelmässigen Zwischenräumen eingestellt werden, um die Mengen aus jedem Sektor in einem passenden Behälter aufzunehmen und diesen Inhalt auf einer Plattenwaage zu wiegen. In einem Werk betrug der Durchschnitt aus den vier Sektoren 105.24 kg pro Sektor; der Höchstwert wurde mit 109.77 kg, der Minimalwert mit 99.79 kg festgestellt. In einer anderen Fabrik wurde die Rotier-Waage, täglich zweimal, eine Woche lang geprüft, wobei jeder Sektor nummeriert war. Das Ergebnis war wie folgt:

Nummer des Sektors	Maximalgewicht in kg	Minimalgewicht in kg	Durchschnitt aller Wägungen in kg
I ...	46.04 ...	41.19 ...	42.87
II ...	43.45 ...	39.69 ...	42.00
III ...	43.68 ...	38.87 ...	41.23
IV ...	42.09 ...	39.69 ...	40.73

Hinsichtlich des Betriebs ist diese Apparatur verlässlich, da sie kontinuierlich wiegt, ohne grosse Wartung zu benötigen. Für Prüfzwecke ist jedoch eine Plattenwaage vorzuziehen.

Analyse der Abgase.—Die Zusammensetzung der Abgase wird bestimmt, um den Ueberschuss an Luft in passenden Grenzen von, sagen wir, 2.5 bis 7.5% zu halten. Für diese Zwecke ist die Bestimmung der anwesenden Menge an Sauerstoff alles, was erforderlich ist.

Die Gase werden gewöhnlich gesammelt in einem Rohr von 0.65 cm Durchmesser, das etwa 60 cm in das Ofenende hineinreicht. Zum Schutz kann das 0.65 cm Rohr durch ein Rohr von 3.25 Weite hindurchgesteckt werden, wobei das letztere auf einer passenden Schiene in der Nähe des Ofenendes befestigt ist. Das 0.65 cm Rohr verstopft sich leicht mit Zementschlamm, der durch die Gase in das Rohr gelangt; es muss daher möglich sein, das Rohr zu Reinigungszwecken bequem herauszuziehen. Bei den meisten Ofenuntersuchungen wurde ein Orsat-Apparat benutzt, und ungefähr vier Bestimmungen von CO_2 und O_2 wurden stündlich am Tage ausgeführt. Es ist vorzuziehen, wenn die Ablesungen 24 Stunden hindurch vorgenommen werden, doch konnte dieses aus Mangel an Personal nicht durchgeführt werden.

Sauerstoff-Bestimmung.—Da die Analyse der Abgase eine wichtige Messung darstellt, würde eine kontinuierliche Bestimmung vorteilhaft sein, und entsprechend wurde in einigen Werken ein automatischer Sauerstoff-Registrierapparat erprobt. Das Instrument ist verhältnismässig kostspielig, um es aufzustellen, wenn es nur für eine kurze Zeitspanne gebraucht wird. Das Gas wird in den Apparat gesaugt, gemessen und durch Wasser, das von einem Behälter etwa 1.5 m über dem Apparat angesaugt wird, ausgetrieben. Das absorbierende Mittel ist Phosphor. Der Prozentgehalt an O_2 im Gas wird auf einer, durch Uhrwerk mit Glocke getriebenen Karte aufgezeichnet, und ungefähr 15 Ablesungen können in der Stunde erhalten werden.

Das auf einer Zementfabrik zur Verfügung stehende Wasser enthält oft Bodensatz, Sandkörner oder andere Fremdstoffe in der Nähe des oberen Ofenendes. Es wurde festgestellt, dass ein 2.50 cm Durchmesser besitzendes Absperrventil unter 1.50 m Druck, wenn es 0,1 mm geöffnet wurde, alles erforderliche Wasser liefern würde, und Aussetzen der Apparatur war daher infolge Verstopfens dieser Oeffnung sehr häufig. Schliesslich wurde das Wasser dem Apparat durch Düsen von ungefähr 3.20 mm Durchmesser unter einem Druck von 10 cm zugeführt, und jede Düse war mit einem Rundsieb von 30 Drahtmaschen umgeben. Bei kontinuierlichem Arbeiten kühlte sich das Gas, bevor es den Apparat erreichte, nicht genügend ab so, dass ein kleiner Kondensator mit 0.65 cm Messingrohren vorgesehen wurde. Wenn es nötig war, den Registrierapparat in einiger Entfernung vom Ofenende aufzustellen, stellten sich beträchtliche Schwierigkeiten ein, die eisernen Gasrohr-Anschlussstellen luftdicht zu bekommen.

Das Ansaugrohr am Ofenende musste völlig sauber von trocknem Schlamm gehalten werden, und es ging oft aus der Registrierkarte nicht klar hervor, ob das Rohr verstopft war oder nicht, da das Instrument auch dann weiter registrierte. Endlich stellte es sich als wünschenswert heraus, die Ablesungen des Sauerstoff-Registrierapparates ständig mittels eines Orsat-Apparates zu kontrollieren, und unter diesen Umständen wurde der Orsat-Apparat allein als ausreichend angesehen.

In ein oder zwei Fabriken jedoch ergaben sich nützliche Erkenntnisse durch Vergleich der Karten des Sauerstoff-Registrierapparats mit Karten eines Geschwindigkeits-Registrierapparats, der von der Wellentransmission der End-Kohlenzufuhrschnecken getrieben wurde. Die Drehöfen werden für gewöhnlich mit konstanter Luftzufuhr betrieben, und es folgt daraus dass der Prozentsatz an O_2 in den Abgasen von dem Masse abhängig wird, mit dem die Kohle dem Ofen zugeführt wird. Wenn daher mit vergrösserter Geschwindigkeit der Kohlenzufuhr nicht ein korrespondierender Abfall des O_2—Prozentsatzes in den Abgasen eintrat, so wurde angenommen, dass die Kohle im Behälter " hing," und umgekehrt konnte jedes plötzliche Anwachsen der Staubkohle hinter der Zufuhrschnecke entdeckt und in gleicher Weise gemessen werden.

Schliesslich wurden ähnliche Erkenntnisse in jeder Fabrik dadurch erhalten, dass die Umdrehungen in der Minute der Kohlenzufuhr-Schnecken gezählt wurden während der Zeit, in der das Gas aus dem Ofenende zur Analyse durch den Orsat-Apparat angesaugt wurde.

Der Verfasser ist der Meinung, dass für ständigen Gebrauch ein O_2-Registrierapparat, der sorgsam eingebaut und überwacht wird, sich als ein erhebliches Aktivum in vielen Zementfabriken erweisen wird.

Temperatur-Messungen.—Die wichtigeren Messungen wurden durch Kupfer-Konstantan Thermoelemente, die in Stahlscheiden eingehüllt waren, bewirkt. Sie wurden in Verbindung mit Registrierfäden (vierfach, doppelt und einfach) und einer transportablen Anzeigevorrichtung benutzt. Temperaturen unter 175° C wurden, falls keine kontinuierliche Registrierung gewünscht war, mittels Quecksilber-Thermometern bequemer gemessen.

Ofenabgase.—Das Pyrometer für die Ofenabgase sollte sich nicht weiter als 15 cm von dem äusseren Ofenende entfernt und dem Zentrum der Oeffnung gegenüber auf einer der beiden Seiten des Schlammrohrs befinden. Dieses ergibt eine durchschnittliche Ablesung, welche für den allgemeinen Arbeitsgebrauch ausreichend ist. Wenn das Pyrometer auf die nasse und verhältnismässig kalte Oberfläche des Schlamms im Ofen eingestellt ist, so kann die Ablesung etwas zu niedrig ausfallen. Die Grösse des Fehlers wird z.Zt.untersucht.

Zwischen dem Ofen und dem Fusse des Schornsteins fällt die Temperatur der Abgase schnell infolge des Eindringens kalter Luft in die Füchse durch Undichtigkeiten. Deshalb ist die Temperatur am Fusse des Schornsteins ebenfalls beobachtet worden.

Oberflächen-Pyrometer.—Um die Temperatur der Oberfläche des Ofenmantels und des Kühlermantels in den verschiedenen Stellungen zwecks Berechnung des Strahlungsverlustes zu messen, wurde eine Art von Pyrometer verwendet, wie sie Abb. 9 (Seite 424) zeigt. Die Kupfer-und Konstantandrähte, welche die Lötstelle des Thermoelements bilden, waren eingebettet in eine Kupferscheibe von 1.60 cm Durchmesser und 0.25 cm Stärke. Das Pyrometerrohr war wie gezeigt, ausgeschnitten und das offene Ende mit einer Asbestpackung abgeschlossen. Der übrige Teil der Scheide war von üblicher Ausführung. Um eine Ablesung der Oberflächentemperatur zu erhalten, wurde der Ofen etwa 30 Sekunden angehalten und die Kupferscheibe gegen den Mantel gedrückt, nachdem vorher aller Rost und Schmutz fortgekratzt waren. Die Kupferscheibe wird an ihrer Aussenseite durch Wärmeleitung erhitzt und an ihrer Rückseite durch Strahlung und Wärmekonvektion abgekühlt. Wenn jedoch richtige Berührung mit dem Ofenmantel eingetreten ist, wird der Fehler wahrscheinlich ein oder zwei Grade nicht überschreiten. Sobald die Ablesung an der Anzeigevorrichtung konstant wird, sollte die Scheibe ungefähr 5 cm den Mantel entlang bewekt werden, worauf eine neue, etwas höhere Temperatur abgelesen werden kann. Für diese Beobachtungen ist es bequem, eine Ausgleichsleitung von etwa 9 m zu besitzen. Das Verfahren, die Manteltemperatur zur Berechnung der Ofen-und Kühlerstrahlung zu benutzen, wird später beschrieben werden.

Heissluft-Pyrometer.—Es empfiehlt sich nicht, die Temperatur der in den Ofen vom Kühler eintretenden Luft mittels eines gewöhnlichen Pyrometers, das am Fusse des Ofenkopfes eingeführt wird, zu messen, weil die Strahlung von dem herunterfallenden Klinker und von den in der Nähe befindlichen heissen Oberflächen der feuerfesten Auskleidung die Ablesung zu hoch ausfallen lässt. Eine ähnliche Erscheinung kann man beobachten, wenn man ein Quecksilberthermometer nahe an einen gewöhnlichen Ofen hält; es wird eine erheblich hohe Temperatur abgelesen werden infolge der Stahlungshitze des Feuers, trotzdem die durch den Rost eintretende Luft ungefähr Zimmertemperatur besitzt.

Nach umständlichen Versuchen bestand das endlich angewendete Verfahren darin, eine kleine Menge heisser Luft aus der Klinkerschütte oder aus dem Boden des Ofenkopfes zu pumpen und deren Temperatur zu messen, nachdem die Stahlungswärme eliminiert war. Die Vorrichtung ist in Abb. 10 (Seite 424) wiedergegeben, bei der die heisse, den Kühler verlassende Luft aus dem Boden des Ofenkopfes angesaugt wird. Die gemessenen Temperaturen liegen gewöhnlich zwischen 300° C und 425° C.

In der Stellung, in der das Pyrometer verwendet wird, wird die Ablesung zu niedrig ausfallen, obwohl Vorrichtungen getroffen sind, durch sofortigen Schutz des Thermoelements Strahlungen in die umgebende Luft von der Oberfläche zu vermeiden. Jedes Rohr der vielfältigen Hülsen wird durch

Konvektion infolge der gewaltsamen Luftzirkulation erwärmt, aber die so übertragene Wärme wird durch Strahlung von Rohr zu Rohr weitergeleitet, und endlich diese im Gesamt von der äusseren Oberfläche auf das Aussenrohr. Wenn man daher eine genügende Anzahl von Rohren vorsieht, so wird der durch Strahlung entstehende Fehler auf ein bis zwei Grad Fahrenheit reduziert werden. Ein konstante Ablesung an der Anzeigevorrichtung wird im allgemeinen erhalten, wenn man den Ansaugventilator sechs oder sieben Minuten laufen lässt.

Luft-Messungen.—Die gewöhnlich erforderlichen Luftmessungen betreffen die in den Ofen eintretenden Luftmengen: (*a*) Eintritt durch das Kohlenfeuerungsrohr, (*b*) Eintritt durch die Klinkerschütte, (*c*) Eintritt durch Undichtigkeiten an den Packungsringen und (*d*) Eintritt durch Heissluft-Rohre und Schlitze.

In vielen Fabriken besteht ein System von Rohrleitungen, durch das heisse Luft für Trocknungszwecke aus dem Kühler nach dem Kohlentrockner geliefert wird, oder aber es wird ein besonderer Ofen für diesen Zweck benutzt. Die heisse Luft wird gewöhnlich um den Mantel des Trockners wie durch das Innere geführt. Es ist häufig notwendig, die Menge des heissen Luftstroms in Rohren oder Kanälen, wie sie soeben beschrieben wurden, zu messen.

Allgemeine Bemerkungen über Luftströmungen.—Nehmen wir an, dass wir ein Rohr oder einen Kanal haben (A, Abb. 11, Seite 424), durch den Luft gleichförmig in der Pfeilrichtung strömt, und dass Messingrohre mit passend geformten Enden in dieses eingelassen und mit dem wasserstandanzeigenden U-Rohr, wie durch D markiert, verbunden sind! Die Rohrenden sind in vergrössertem Massstabe in Abb. 12 (Seite 426) gezeigt. Das Rohr B, das in eine Messingscheibe, die parallel zum Luftstrom liegt, endet, wird auf den Wasserstands-Messer D den statischen oder Luftdruck übertragen. Das Rohr C, das ein zugeschrägtes, auf den Luftstrom gerichtetes Ende besitzt, wird sowohl den statischen Druck übertragen wie den Druck, der infolge der Strömungsgeschwindigkeit der Luft im Rohr A entsteht. Wenn daher der Wasserstandsmesser D den Unterschied zwischen den Drucken in beiden Rohren misst, so wird er den Druck oder die Wasserstandshöhe anzeigen, welche allein auf die Strömungsgeschwindigkeit zurückzuführen ist. Die Messingscheibe am Ende des Rohres B hat sich als notwendig erwiesen und ist als ausreichend befunden worden, um ungenaue Ablesungen des statischen Drucks infolge Induktionswirkung zu verhindern.

Die Konstruktion des dem Luftstrom zugewandten Rohrs in Abb. 11 (Seite 424) ist durch Pitot zur Einfuhrung gelangt, während die Scheibe am Ende des statischen Druckrohrs B durch Darcy konstruiert wurde; doch sollen aus Bequemlichkeitsgründen alle Rohrkombinationen zur Luftmessung hier als Pitot-Rohre bezeichnet werden.

Die Messung des Drucks der Luftstromgeschwindigkeit in Zoll oder cm Wasserhöhe ist das, was in der Praxis gewöhnlich verlangt wird, und aus dieser Beobachtung kann die, durch ein Rohr fliessende Menge in einer jetzt zu beschreibenden Weise berechnet werden. Es hat sich indessen herausgestellt, dass eine besondere und ausgearbeitetere Form des Wasserstandsmessers D notwendig ist, da viele Boebachtungen nicht die Höhe einer Wassersäule von 5 mm übersteigen.

Eine Pitot-Rohrkonstruktion, die sich zur Messung der Luftgeschwindigkeit in der Klinkerschütte eines Drehofens eignet, wird in Abb. 12 (Seite 426) gezeigt. Da die Rohre hohen Temperaturen ausgesetzt sind, ist Hartlötung unangebracht; es ist deshalb eine einfache Konstruktionsform benutzt, und es sind keine kleinen Oeffnungen vorhanden die mit Staub, wie er immer in der Klinkerschütte vorkommt, verstopft werden können. Die ganze Länge des Rohres kann etwa 1.25 m betragen, wobei drei Anschlussklammern benutzt werden.

Zum Gebrauch bei kalter staubfreier Luft ist eine feste Konstruktion von Pitot-Rohren durch das English National Physical Laboratory zur Einführung gelangt.

Eine stabile Form der Ausführung, wie sie sich für Zementfabriken eignet, wird in Abb. 13 (Seite 427) gezeigt. Der Gesamtdruck wird durch das Innenrohr A gemessen, das so angeordnet ist, dass es dem Luftstrom zugewandt ist, während der statische Druck mittels kleiner Oeffnungen gemessen wird, die durch das äussere Rohr B gebohrt sind. Das Rohr A und der Raum zwischen beiden Rohren sind jeder getrennt über die Enden C und D durch Gummischlauch verbunden. Die Anschlussstellen sind geschweisst und nicht hartgelötet, damit sie dem Einfluss der Luft oder der Gase widerstehen können, die auf 450° C oder 500° C erhitzt sind. Die Pitot-Rohrkonstruktion, wie sie Abb. 12 (Seite 426) zeigt, wird im allgemeinen verwendet zur Messung der Luft in Ziegelmauerwerk-Kanälen, da sie in jeder vernünftigen Länge ausgeführt werden kann. Die in Abb. 13 (Seite 427) gezeigte Form wird benutzt bei Stahlplatten-Rohren und Röhrenkolben.

Wasserstandsmessung durch Heben.—Der infolge der Luftgeschwindigkeit in den verschiedenen Rohren und Kanälen einer Drehofenfabrik herrschende Druck,—ausgenommen sind die Kohlenfeuerungsrohre—, schwankt zwischen 2 cm und 0.025 cm oder noch weniger. Eine besonders Form der Wasserdruckmessung wird in den Abb. 14, 15 und 16 (Seite 428) gezeigt. Eine erläuternde Uebersicht ist beigegeben. Im Prinzip besteht der Apparat aus einem gewöhnlichen U-Rohr-Wasserstandsmesser. Die besondere Form setzt sich aus einem Mikroskop, das benutzt wird, den Wasserstand in dem einen Schenkel zu beobachten und einer Mikrometervorrichtung zusammen, die sich dazu eignet, in Verbindung mit dem Mikroskop die Verdrängung des Wasserniveaus zu messen, wenn eine Beobachtung gemacht werden soll. Die Glasgefässe A_1 und A_2, welche durch das Rohr B verbunden sind, entsprechen dem gewöhnlichen U-Rohr.

Man erkennt, dass der obere Eisenrahmen die Glasgefässe auf drei Stellen lagert. Die Lager ruhen auf flachen Aushöhlungen, die am Scheitel etwas abgeflacht sind, wodurch eine gewisse seitliche Toleranz entsteht. Der obere und untere Rahmen werden durch die Feder K zusammengehalten. Zwei schwere 0.65 cm starke Gummidruckschläuche von etwa 6 m Länge werden verwendet, um die Pitot-Rohre in dem Rohr oder dem Kanal mit dem Wasserstandsmesser zu verbinden. Die Enden der Druckschläuche passen auf die in Abb. 15 (Seite 428) dargestellten Anschlusstopfen Q_1 und Q_2. Durch Löcher, welche in das Gehäuse F gebohrt sind, und die leichten Gummischläuche P_1 und P_2 ist eine passende Verbindung zu den beiden Glasgefässen A_1 und A_2 hergestellt. Das Gewicht der langen Gummischlauchleitungen lastet so direkt auf dem Dreifussstativ und nicht auf den Glasgefässen.

Wenn eine Beobachtung gemacht werden soll, so wird der Dreifuss in passender Stellung aufgebaut, wobei die Stopfen Q_1 und Q_2 herausgezogen werden. Das Niveau des Mikroskop wird ungefähr auf dem Stativ M eingestellt und das Rad H wird gedreht, bis das Wasserniveau in dem Gefäss A_2 genau tangential liegt zu dem wagerechten Faden des Fadenkreuzes im Mikroskop. Die Mikrometer-Ablesung wird alsdann notiert. Das Wasserniveau erscheint unter Zuhilfenahme geeigneter Beleuchtung im Mikroskop als eine scharfe, geschweifte und umgekehrte Linie, wie es bei L zu sehen ist, und seine Lage kann mit grosser Präzision durch den horizontalen Teil des Fadenkreuzes im Mikroskop festgestellt werden. Dieses ist einer der Hauptvorteile des Apparates. Wenn die Pitot-Rohre sich in dem Rohre oder Kanal in der richtigen Stellung befinden, werden die Stopfen Q_1 und Q_2 zunächst eingesetzt, und wenn man annimmt, dass das, die Geschwindigkeit messende Rohr mit

Q_1 verbunden ist, so wird das Wasserniveau im Glasgefäss A_1 fallen und das Niveau in A_2 entsprechend steigen. Das Glasgefäss A_2 wird jetzt mittels des Rades H gehoben und Wasser fliesst entsprechend von A_2 nach A_1. Infolge der Stellung der Lager G_1 und G_2 wird das Niveau des Glasgefässes A_1 nicht verändert. Diese Bewegung des Rades wird so lange fortgesetzt bis die Wasseroberfläche in A_2 wieder tangential im Fadenkreuz des Mikroskops verläuft. Alsdann wird am Mikrometerrad eine zweite Ablesung vorgenommen. Die Stellung des Wassers in jedem der beiden Glasgefässe A_1 und A_2 ist, was lediglich das Niveau angeht, dann genau die gleiche wie sie vor dem Einsetzen der Stopfen Q_1 und Q_2 war, und der effektive Wasserdruck, der der beobachteten Geschwindigkeit entspricht, ist durch die Bewegung des Rades H, die zur Wiederherstellung der ursprünglichen Lage notwendig war, gemessen worden. Da jedoch die Achse des Rades sich nicht genau unter der Achse des Glasgefässes A_2 befindet, müssen die Ablesungen mit einer geeigneten Konstante

$$\frac{14}{13{,}125}$$

multipliziert werden, die in diesem Falle (Abb. 14, Seite 428) beträgt.

Damit das Wasserniveau durch das Mikroskop deutlich gesehen werden kann, wird im allgemeinen ein Spiegel verwendet, um das Licht an der erforderlichen Stelle zu konzentrieren; doch zum Gebrauch im Innern der Gebäude einer Zementfabrik, wo das Tageslicht gedämpft ist, hat der Verfasser es in allen Fallen vorgezogen, eine transportable elektrische Lampe in einigen Fuss Entfernung vom Mikroskop und genau in der Beobachtungslinie aufzuhängen.

Eine verfeinerte Form dieses Wasserdruckmessers, die auf drei Nivelierschrauben montiert ist, ist vielfach durch das National Physical Laboratory (England) benutzt worden, und das kräftige auf einem Dreifuss aufgebaute Modell, das hier gezeigt wurde, basiert auf jenem Apparat. Es wurde nach des Verfassers Angaben für den Gebrauch auf Zementwerken konstruiert.

Abb. 8 (Seite 421) Rotier-Waage für Klinker—A = Rotiertrommel, B = Seitenhebel für Trommel und Schneidenlager, C = Zentralhebel für Gewichte, D = Führungsstange, E = Fester Rahmen der Maschine, F = Arretierungsstücke an jedem Seitenrahmen, G = Vier Arretierungen an dem Ende jedes Trommelsektors, H = Hebel mit Federregulierung, I = Schutzplatte, J = Hin-und Hergehende Zähluhr; Abb. 9 (Seite 424) Pyrometer für Messung von Oberflächen-Temperaturen; Abb. 10 (Seite 424) Heissluft-Pyrometer—A = Pyrometer-Umhüllung mit Porzellankapsel und drei Flügelstützen, B = Kupfer-Konstantan-Thermoelement, C = drei Drahtstützen für das Thermoelement, D = vier polierte Stahlrohre, getrennt von einander angeordnet und gegen das Aussenrohr E gesichert, E = äusseres Stahlrohr, F = Verbindung zu dem von Hand getriebenen Exhaustor, G = In den Boden des Ofenkopfs eingebautes Rohr, H = Packungsring aus Asbest, I = an das Rohr E angeschlagener Winkelring; Abb. 11 (Seite 424) Schematische Darstellung eines Luftstroms in einem Rohr; Abb. 12 (Seite 426) Pitot-Rohre für die Klinkerschütte; Abb. 13 (Seite 427) Pitot-Rohr, schweres Modell des National Physical Laboratory; Abb. 14, 15, und 16 (Seite 428) Wasserdruckmesser nach dem Hebeprinzip, drei Ansichten—. A_1A_2 = Glasgefässe mit Wasser, B = die Gefässe verbindendes Glasrohr, C = Absperrhahn, D_1D_2 = Korkpolster, welche die Stile der Glasgefässe halten, E = oberer Eisenrahmen, F = unterer Eisenrahmen, G_1G_2 = Stützen für den oberen Eisenrahmen, H = Mikrometerrad mit 50 Teilungen, I = Mikrometerschraube mit 0.25 cm Gewindesteigung, J = vertikale in zehntel Zoll geteilte Skala, K = Zugfeder, L = Mikroskop mit Fadenkreuz, M = Stativ für das Mikroskop, N = Vorrichtung für Spiegelstativ, O = Dreifuss, P_1P_2 = leichte Gummischläuche, Q_1Q_2 = Stopfenverbindungen für 0.635 cm starke Druckschläuche aus Gummi zu den Pitot-Rohren.

(*Fortsetzung folgt.*)

Verhalten von Zement, Zuschlägen und Beton bei hohen Temperaturen.*

von Dr. RICHARD GRÜN und Dr. HUGO BECKMANN (Düsseldorf)

Infolge der Zunahme der Abmessungen moderner Bauwerke besonders in Bezug auf Höhe nimmt die Feuersicherheit bezw. die Widerstandsfähigkeit des Betons gegen Feuereinwirkung stets an Wichtigkeit zu Bei steigender Höhe der Bauwerke wächst die Beanspruchung der Tragkonstruktionen auf Druck dauernd und von derartigen Tragkonstruktionen z. B. bei Hochhäusern muss verlangt werden, dass diese selbst bei starker mehrstündiger Feuereinwirkung unter der Belastung des überliegenden Gebäudes nicht zusammenbrechen, denn ein Nachgeben der Stützen eines Hochhauses, bei welchem z. B. in den ersten Etagen ein Schadenfeuer ausgebrochen ist, würde unabsehbaren Schaden im Gefolge haben. In der Praxis haben Betonkonstruktionen bei Schadenfeuer eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit gezeigt, welche diejenige gleichwertiger Eisenbauten erheblich übertraf.

Auch Hitzeeinwirkung ausgesetzte Versuchshäuser haben sich im allgemeinen überraschend gut gehalten. Im Laboratorium ist durch umfangreiche Arbeiten die Geeignetheit verschiedenartiger Zuschlagstoffe in Bezug auf Raumbeständigkeit untersucht worden. Ebenso ist in Bezug auf die Raumänderung des abgebundenen Zementes weitgehende Klarheit geschaffen.

Es liegen aber nur wenige systematische Untersuchungen vor über die Beeinflussung der Druckfestigkeit von Beton durch Feuereinwirkung. Deshalb wurden Betone bezw. Mörtel aus verschiedenen Zementen und Zuschlagstoffen hergestellt und progressiv steigenden Temperaturen ausgesetzt, worauf die Druckfestigkeit der abgeschreckten als auch nicht abgeschreckten Mörtel ermittelt wurde.

Im Nachfolgenden sei zunächtst über die bereits vorliegenden Versuche und anschliessend daran über die Ergebnisse der neuen Untersuchungen im Forschungs-Institut berichtet:—

Da ein Beton sich zusammensetzt aus Zement und Zuschlagstoff, sei zunächst das Verhalten der Zemente, dann das Verhalten des Zuschlagstoffes ohne Zement—also der reinen Gesteine—und schliesslich das Verhalten des fertigen Betons besprochen.

Die Besprechung erstreckt sich zunächst: (I) auf das chemische Verhalten und zwar (*a*) Wasserabgabe in Abhängigkeit von der Temperaturhöhe und der Dauer der Temperatureinwirkung und weiter auf (*b*) die allenfallsige Kohlensäureabgabe. (II) das physikalische Verhalten nämlich (*a*) Raumänderung; (*b*) Festigkeitsänderung.

Zement.

Die Wasserabgabe des abgebundenen Zementes, welcher bekanntlich in purem Zustande bis zu 25 oder 28% Wasser festzuhalten vermag, hängt zunächst ab von der Temperaturhöhe, die bei der Erhitzung erreicht wird, ausserdem naturgemäss von der Zeit, während welcher die Temperaturen einwirken. Gründliche Versuche über dieses Thema hat Endell durchgeführt,

* Vortrag, gehalten auf der 8. Vollsitzung des Ausschusses für Verwertung von Hochofenschlacke des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf, am 19.11.29.

indem er sowohl die Glühverluste erhärteter Portlandzemente bei verschiedenen Temperaturen als auch deren lineare Wärmeausdehnung bestimmte.

Der Kurvenverlauf der Abb. 1 (siehe Seite 431) zeigt, dass der Glühverlust der erhärteten Portlandzemente bei einstündiger Erhitzung abhängig ist von der Höhe der erreichten Temperatur, und dass bei etwa 1000° eine vollständige Entwässerung und Entsäuerung des Portlandzementes erzielt ist.

Auffallend ist, dass bis etwa 300° der Wasseraustritt der wassergelagerten Portlandzemente W_1 W_2 W_3 W_4 schnell steigt, während dann bis 500° keine Veränderung eintritt. Dieser von Endell nicht erwähnte Umstand scheint zu zeigen, dass bei der Erhitzung bis 300° ein bestimmter Teil des bei der besonderen Art der Wasserlagerung vom Zement aufgenommenen Wassers ausgeschieden wird; nachdem dann trotz Steigerung der Temperatur bis 500° dieser Wasseraustritt nur wenig stärker wird, erfolgt bei 500° eine erneute Wasserabgabe.

Den Kurvenverlauf bei gleichmässiger Erhitzung abgebundenen Portlandzementes sowie Kalziumhydrat zeigt die gleichfalls von Endell aus der eben erwähnten Arbeit herrührende Kurve. Abb. 2 (siehe Seite 431). Es zeigen sich deutlich bei 530° der Zersetzungstemperatur von Kalciumhydroxyd Haltepunkte, welche darauf schliessen lassen, dass bei dieser Temperatur ein besonders lebhafter Wasseraustritt aus dem Portlandzement und somit eine gründliche Veränderung seines Gefüges eintritt.

Wie weit mit der Wasserabgabe auch eine Kohlensäureabgabe aus dem Portlandzement verbunden ist, ist bis jetzt nicht bekannt. Die vorliegenden Untersuchungen beschränken sich lediglich auf die Feststellung der Haltepunkte und der Glühverluste. Dagegen sind Zahlen für das physikalische Verhalten der reinen abgebundenen Portlandzemente vorhanden insofern als die Schwindung und Ausdehnung der Portlandzemente bei steigenden Temperaturen von Endell gemessen wurde. Die Kurventafel 3 (siehe Seite 431) zeigt die von Endell ermittelten Kurvenverlaufe, welche zeigen, dass zunächst eine geringe Raumvergrösserung der erhitzen Portlandzemente auftritt, die bei 200-300° abgelöst wird von starker Schwindung, da offenbar Wasser aus den abgebundenen Zementen austritt und die Wärmeausdehnung nicht nur aufhebt, sondern auch zum Schwinden führt. Die in diesem Zusammenhang selbstverständlich gleichfalls sehr wichtige Festigkeitsänderung von purem Portlandzement wurde bis jetzt noch nicht untersucht, soll aber demnächst in den Bereich der Prüfungen einbezogen werden.

Zuschlagstoffe.

Die weitgehende Hitzebeständigkeit von purem Zement liess von vornherein darauf schliessen, dass starke Beschädigungen an Bauwerken, die Feuereinwirkung ausgesetzt waren, nicht zurückzuführen waren auf mangelnde Beständigkeit des Bindemittels, sondern vielmehr auf ungünstiges Verhalten der Zuschlagstoffe. So hatten z. B. bei den grossen Brandversuchen, die von Gary in Grosslichterfelde durchgeführt wurden, bei den dort geprüften Häuschen, die alle unter Verwendung des gleichen Zementes hergestellt worden waren, sich alle Wände aus Kies, Basalt usw. gut verhalten, während nur an den mit Granit als Zuschlagstoff hergestellten Wänden starke Ausplatzungen unter explosionsartigen Erscheinungen vor sich gegangen waren. Es ist deshalb unbedingt notwendig, besonders die Zuschlagstoffe einer gründlichen Prüfung zu unterziehen. Auch hier liegen bereits zahlreiche Versuche vor und zwar sowohl von amerikanischer Seite als auch von deutscher Seite. Zunächst sei das chemische Verhalten der Zuschlagstoffe

betrachtet. Hier ist zunächst von Wichtigkeit die allenfallsige Wasserabgabe z. B. aus Glimmer, über die noch keine Untersuchungen vorliegen. Vermutlich ist das eben erwähnte Ausplatzen des Granites neben Spannungserscheinungen auch auf diese Wasserabgabe innerhalb des Zuschlagstoffes zurückzuführen. Wichtig erscheint in Bezug auf das chemische Verhalten die Kohlensäureabgabe welche bei den Versuchen von Endell zu starken Schwinderscheinungen geführt hat. Abb. 4 (siehe Seite 431) zeigt für kristallinen, feinkörnigen, Süddeutschen Muschel-und Südeutschen Weisskalk-die lineare Wärmeausdehnung in Beziehung zur Temperatur. Der gestrichelte Teil der Kurven kennzeichnet den unsicheren Verlauf infolge Abgabe von Kohlensäure. Bei den meisten Zuschlagstoffen mit Ausnahme von kohlensaurem Kalk erscheint das physikalische Verhalten wichtiger als das chemische Verhalten, da es zu Raum-und Festigkeitsänderungen führen wird.

Die Raumänderung verschiedener Zuschlagstoffe vor Verarbeitung zu Beton hat gleichfalls Endell untersucht und zwar an 5 verschiedenen Zuschlagstoffen. nämlich Granit, Diabas, Basalt, Sandstein und Hochofenstückschlacke. Abb. 5 (siehe Seite 431) zeigt für die erwähnten Materialien die Dehnung bei Erhitzung und Schrumpfung beim Abkühlen. Die Restwerte nach Kühlung stellen die bleibende lineare Ausdehnung dar. Hochofenstückschlacke wies die geringste Raumänderung auf, auch Sandstein verhielt sich verhältnismässig günstig, während Basalt, Diabas und Granit ungefähr die gleiche verhältnismässig starke Wärmeausdehnung zeigten die 4 mal so gross war, als die entsprechende Wärmeausdehnung von Hochofenstückschlacke.

Bezügl. der Festigkeitsänderung der Zuschlagstoffe genügt es, auf die unter „ Beton " im nächsten Abschnitt angeführten Daten zu verweisen.

Beton.

Das chemische Verhalten eines Betons wird bestimmt werden durch das entsprechende chemische Verhalten der ihn bildenden Aufbaustoffe, also der Zuschlagstoffe und des abgebundenen Zementes.

Von dem Verhalten eines fertigen Betons sind neue Erscheinungen nicht zu erwarten, infolgedessen kann das chemische Verhalten des Betons nicht weiter besprochen zu werden, da es nichts Neues bieten kann.

Das physikalische Verhalten eines Betons kann nicht einfach vorausgesagt werden aus den betreffenden Eigenschaften der für sich geprüften einzelnen Komponenten: Zement und Zuschlag da im Beton ein Erzeugnis mit ganz anderen physikalischen Eigenschaften vorliegt, als sie die Einzelkomponenten haben. Der Zement hat bei Erhitzung für sich als Purzement einen ganz anderen Kohlensäure-und Wassergehalt als im Beton und die Zuschlagstoffe liegen im Beton in verschiedenen Korngrössen vor, welche Festigkeit, Schwindung und Dehnung beeinflussen, während bei der Zuschlagprüfung naturgemäss bloss Einzelstücke der Messung zugänglich sind.

Bis zu einem gewissen Grade wird auf die Raumänderung des Betons zu schliessen sein aus der Raumänderung der Zuschlagstoffe und aus der Raumänderung des Zementes. Wie die vorstehenden Kurventafeln gezeigt haben, dehnen sich alle Zuschlagstoffe bei der Erhitzung aus, die Zemente dagegen schwinden. Demgemäss werden die Betone, da die Ausdehnung gewöhnlich grösser ist als die Schwindung, ausnahmslos gleichfalls eine Dehnung zeigen, welche aber geringer sein wird als die Dehnung der ursprünglichen Zuschlagstoffe. Diese Voraussetzung konnte Endell in seiner Arbeit*, als richtig beweisen. Er zeigt,

* „ Versuche über Längen und Gefüge-Aenderung von Betonzuschlagstoffen und Zementmörtel unter Einwirkung von Temperaturen bis 1200° Heft 50 des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton."

dass quarzhaltige Zuschlagstoffe bei ungefähr 575° infolge der $\alpha - \beta$ Quarzumwandlung dem Beton eine schnellsteigende Ausdehnung geben, während, die Mansfelder Kupferschlacke, Basalt und Diabas bei 1000° infolge des Entweichens von Gasen den Beton zum Quellen bringen, andererseits aber kalkhaltige Zuschläge infolge des Entweichens der Kohlensäure bei 900° zu Schwindungen führen. Eine Ausnahme macht die Hochofenstückschlacke, welche eine nur geringe aber gleichmässige Ausdehnung des aus ihr hergestellten Betons im Gefolge hat. In Kurventafel 6 (siehe Seite 431) sind typische Kurven für Beton mit quarzhaltigem Gestein, vulkanischem Gestein und einem kohlensäurehaltigen Gestein und schliesslich mit Hochofenschlacke einander gegenübergestellt. Es wird die lineare Wärmeausdehnung in Beziehung zur Temperatur gezeigt.

Weitaus die wichtigste Rolle bei Beanspruchung eines Bauwerkes durch Feuer wird zweifellos die Festigkeitsänderung spielen. Aus diesem Grunde wurden natürlich schon zahlreiche Versuche durchgeführt, durch welche ermittelt werden sollte, wie weit die Festigkeit durch verschiedene Hitzegrade beeinflusst wird. Sutcliffe hat Mörtel-und Betonkörper erhitzt und festgestellt, dass die Zugfestigkeit je nach der Zuschlagsart um 44-80% herabgeht. Noch stärkere Schädigungen der Zugfestigkeit hat Nitzsche gefunden welcher zeigte, dass die Zugfestigkeit durch 120-stündiges Erhitzen auf 300° bereits auf 1/4 bis 1/3 der ursprünglichen Zugfestigkeit zurückgegangen waren.

Aus Druckfestigkeitsuntersuchungen von Woolson geht hervor, dass die Druckfestigkeit von Beton bei vulkanischem Gestein z. B. bei Erhitzung auf 500° auf 88%, bei Anwendung von Kalkstein auf 58% zurückgeht. Im Widerspruch hierzu stehen Versuche von Steppes welcher bei Basalterhitzung auf 500° Festigkeitszunahmen um 15% fand. Auch in dem anderen Schrifttum finden sich Widersprüche insofern, als z.B. Gary bei den für den Deutschen Ausschuss für Eisenbetonbauten ausgeführten Brandversuchen an zweistöckigen Häusern feststellte, dass zwischen feuerbeanspruchten und nicht vom Feuer berührten Betonkörpern, soweit sie Basalt und Granit als Zuschlag enthielten keine wesentlichen Druckfestigkeitsabfalle auftraten, während nur Kiesbeton 1/4 seiner Festigkeit verloren hatte. Bei den Brandversuchen am Feuerwehrturm der Gesolei, die auf Anregung des erstgenannten Verfassers im Jahre 1927 ausgeführt wurden, wurden bei Prüfung der Druckfestigkeit des Betons bis zu einer Tiefe von 10-12 cm rund 30% Festigkeitsrückgänge festgestellt, während im Kern der Betonsäulen überhaupt keine Festigkeitsrückgänge gefunden wurden. Beeinträchtigung der Festigkeit stattgefunden hatte.

Bei diesen widerspruchsvollen Ergebnissen erschien es wünschenswert, nochmal mit verschiedenen Zementen und Zuschlagsarten Erhitzungsversuche an Normenwürfeln in einer eigens dazu geschaffenen Apparatur durchzuführen, zumal auch die weitausgedehnten amerikanischen Versuche keine endgültige Klärung des Problemes, sondern lediglich eine von den deutschen Versuchen abweichende Reihenfolge für die Güte der Zuschlagstoffe in Bezug auf Feuerbeständigkeit gegeben hat. Bei den Versuchen waren nicht nur quarzhaltige Zuschläge und Kalkstein heranzuziehen sondern besonders auch die Hochofenschlacke zu berücksichtigen, da diese bei den Versuchen von Endell sich als am günstigsten erwiesen hatte, da sie eine völlig gleichbleibende verhältnismässig geringe Dehnung gezeigt hatte.

Durchgeführt wurden die Versuche an Normenkörpern, die aus den betreffenden Zuschlagstoffen mit einer gröbsten Korngrösse von 5 mm nach der Fullerkurve sowie nach der Porenvolumenkurve zusammengestellt und in verschiedenen Mischungsverhältnissen normengemäss eingeschlagen waren. Die

Körper selbst wurden nach der Herstellung zunächst 7 Tage an feuchter Luft gelagert und bei einer Zweiten Versuchreihe 3 Tage in Wasser und 1 Tag an der Luft gelagert und dann erhitzt. Zur Erhitzung diente ein Gasmuffelofen, welcher mit Gas aus dem städt. Gaswerk geheizt und mit einem Gebläse betrieben wurde (siehe Abb 7 Seite 433). Die Körperliess man entweder an der Luft abgeschreckt oder im Ofen langsam erkalten gelassen, schliesslich wurden sie auch in Wasser. Die diesbezüglichen Behandlungsweisen sind jeweils geschildert.

Die Standfestigkeitsprüfung wurde durchgeführt auf dem Steeger-Endell'schen Apparat an erdfeucht hergestellten Körpern im Mischungsverhältnis 1 : 3, Zuschlag Kies. Die Ergebnisse sind in Kurventafel 8 (siehe Seite 434) niedergelegt. Die Höhe des Prüfkörpers wird in Abhängigkeit von der Temperatur gezeigt für Hochofenzement-und Portlandzementquarzsandmörtel, 1 : 3 gemischt. Die Versuche wurden durchgeführt im Forschungs-Institut der Vereinigten Stahlwerke Dortmund.* Der Kurvenverlauf zeigt, dass sowohl der Hochofenzementbeton als auch der Portlandzementbeton unter der vorgeschriebenen Belastung 2 kg je qcm bis rund 1150° beständig bleibt, erst nach dieser verhältnissmässig hohen Temperatur tritt ein Zusammensinken der Körper ein.

Um festzustellen wie die Hochofenschlacke auf den Zement einwirkt, wurde ein puzzolanhaltiger Zement, zu dem die Hochofenschlacke als Puzzolane verwendet worden war, nämlich der Hochofenzement A, Zahlentafel 1 (siehe Seite 440) einem Portlandzement W, Zahlentafel 2 siehe Seite 440) gegenübergestellt. Die Eigenschaften der Zemente sind aus Zahlentafel 3 zu erschen (siehe Seite 441). Es wurde gearbeitet mit verschiedenen Zuschlagstoffen, nämlich Quarzsand, Basalt, Diabas und Granit. Abb. 9 (siehe Seite 434) zeigt den Kurvenverlauf der Druckfestigkeit in % der Anfangsfestigkeit für die 4 Zuschlagstoffe bei Hochofenzement-und Portlandzementmörtel 1 : 3 in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Körper wurden kalt in den heissen Ofen gesetzt und bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft abgekühlt. Die Körper waren—dies bezieht sich auch auf Zahlentafeln 1 u 2—7 Tage alt. Der Kurvenverlauf zeigt merkwürdigerweise bei der Erhitzung des Hochofenzementbetons in weitaus den meisten Fällen im Anfang eine Erhöhung der Festigkeit, während bei Portlandzement bei 300° Erhitzung in fast allen Fällen die Festigkeiten auf 80-90% herabgesunken sind. Sei höheren Temperaturen verhält sich am ungünstigsten in beiden Fällen der Granit. Die Versuche decken sich also mit den Beobachtungen des Materialprüfungsamtes.

Scheidet man den Einfluss der Zuschläge aus, dadurch, dass man die bei den jeweiligen Temperaturen erhaltenen Zahlen ohne Rücksicht auf die Zuschlagsart addiert und das Mittel zieht, so erhält man den Kurvenverlauf der Abb. 10 (siehe Seite 434), aus welcher deutlich hervorgeht, dass tatsächlich der Hochofenzement im Anfang der Erhitzung zu Festigkeitssteigerungen führt. Offenbar ist diese Erscheinung zurückzuführen darauf, dass die Hochofenschlacke bei diesen hohen Temperaturen in die Erhärtung eingreift und dadurch die Festigkeit erhöht.

Die Hochofenzementkörper des eben beschriebenen Versuches sind in Abb. 11 (siehe Seite 436) abgebildet. Die oberste Reihe stellt die Würfel vor Erhitzen dar, während die nächsten Reihen die Probekörper nach 2 stündiger Erhitzung auf die angegebenen Temperaturen zeigt. Das schlechte Verhalten des Quarzsandes und des Granits ist deutlich zu sehen. Die Ursachen der Festigkeits-

Herrn* Prof. Dr. Ing. Schulz und Herrn Dr. Hartmann sei an dieser Stelle für ihre frdl. Unterstützung herzlicher Dank ausgesprochen.

rückgänge sind deutlich zu erkennen bei einer Prüfung der Raumgewichte. Abb. 12 (siehe Seite 436) zeigt deutlich das Leichterwerden bei zunehmender Temperatur. Die Kurventafel zeigt ausserdem die Aenderung des spezifischen Gewichts und der aus diesem und aus dem Raumgewicht errechneten Porosität. Die Ursache für das Leichterwerden ist offenbar eine Gefügelockerung, die in den Abb. 13-14 (siehe Seite 436) deutlich zu sehen ist. Hier sind Quarzsandkörper, vor und nach Erhitzung auf 1100°, im Dünnschliff gezeigt.

Um den Anteil der Erhitzungsdauer bei gleichen Zuschlagstoffen aber verschiedenen Zementen zuermitteln, wurden die Prüfkörper bis zu 10 Std. einmal auf 300, einmal auf 500 und einmal auf 700° erhitzt und jeweils in Abständen von 2 Stunden die Festigkeiten ermittelt. Der Kurvenverlauf der Abb. 15 (siehe Seite 436) zeigt Folgendes: (Verhältniszahlen: nichterhitzte Körper = 100) Auch hier hat eine Erhitzung auf 300° eine deutliche Festigkeitssteigerung des Hochofenzementes zur Folge und zwar tritt diese Festigkeitssteigerung nach 2 Stunden ein; dann verläuft die Kurve ungefähr wagerecht. Im Gegensatz hierzu findet bei Portlandzement eine Herabsetzung der Festigkeiten statt, die auch bereits nach 2 Stunden auf das Maximum gestiegen ist. Bei 500° wird auch hier wieder der hochofenschlackenhaltige Zement weniger stark geschädigt als der Zement ohne Hochofenschlacke. Für den letzteren ist der höchste Grad der Schädigung bereits nach 4 Stunden erreicht, während der hochofenschlackenhaltige Zement längere Zeit zur Erreichung des tiefsten Punktes, nämlich 6 Stunden braucht.

Bei Erhitzung auf 700° ist bereits nach 2 Stunden ein Festigkeitsabfall auf 24% der ursprünglichen Festigkeit beim Hochofenzement erreicht. Der tiefste Punkt, der überhaupt erreicht wird, nach 10 Stunden, beträgt der Festigkeitsrückgang 82%. Aehnlich verläuft die Portlandzementkurve; mit anderen Worten: bei starker Erhitzung steigt die Schädigung in ganz kurzer Zeit auf den höchsten Betrag und nimmt dann nur noch wenig zu.

Als Zuschlagsart für die nächsten Versuche wurde in grösseren Mengen Hochofenschlacke herangezogen. Die Analysen dieser Hochofenschlacken sind in Tabelle 4 (siehe Seite 441) niedergelegt. Gearbeitet wurde bei dieser Versuchsreihe in der Art, dass die Körper in den kalten Ofen eingesetzt und eine Reihe im Ofen abkühlen gelassen die andere Reihe dagegen abgeschreckt wurde. Es wurde jeweils auf 300, 500, 700 und 900° erhitzt. Eine weitere Reihe der Körper wurde auf 100° Wasserdampf erhitzt. Die absoluten Zahlen sind in Zahlentafel 5 (siehe Seite 441) zusammengestellt, während die Verhältnisszahlen zu Abb. 16 (siehe Seite 437) führten. Die verwendeten Prüfkörper waren 4 Tage alt (3 Tage in Wasser, 1 Tag an der Luft gelagert) und waren nach der Fullerkurve mit Naturgesteinen und Hochofenschlacken 1:4 gemischt. Die Erhitzung dauerte jeweils 2 Stunden. Tafel 5 (siehe Seite 441) zeigte die Festigkeiten vor dem Erhitzen und nach dem Erhitzen. Für die Temperaturen von 300° an sind die Ergebnisse erst für langsam und dann für schnelle Kühlung gegeben. Die Verhältnisszahlen der Abb. 16 (siehe Seite 437) sind nur für langsame Abkühlung angeführt. Der Kurvenverlauf zeigt Folgendes:

Bei den natürlichen Zuschlagstoffen findet hier sowohl bei 100° als auch bei 300° eine geringe Festigkeitssteigerung statt, die offenbar zurückzuführen ist darauf, dass Hochofenzement verwendet wurde. Bei Erhitzung auf 500° fallen die Festigkeiten auf 50 bis 70% der ursprünglichen Festigkeiten ab und zwar am meisten beim Quarz und Basalt, welche bei 700° nur noch Festigkeiten von 20 bis 25 und bei 900° nur noch solche von 8-16% der ursprünglichen Festigkeit aufweisen.

Die Hochofenschlacken unterschieden sich untereinander dadurch, dass die Hochofenschlacken Rh, Vn, Gh normale Hochofenschlacken, waren die den Richtlinien entsprachen, während die Hochofenschlacke Gm eine besonders leichte schaumige Schlacke, den Richtlinien nicht entsprach.

Der Kurvenverlauf zeigt, dass hier die Festigkeitssteigerung bei 300° noch viel ausgesprochener in die Erscheinung tritt, als bei den natürlichen Zuschlagstoffen, ein Zeichen, dass bei diesen Temperaturen, bei welchen das Wasser noch nicht aus dem Beton ausgetreten ist, tatsächlich eine Reaktion, die zur Verfestigung führt, stattfindet.

Bei 100° ist Bemerkenswertes nicht festzustellen dagegen bei 500° ein Absinken, welches verhältnismässig gering ist und im ungünstigsten Falle bei der schlechten Hochofenschlacke 40% beträgt, während die guten Hochofenschlacken nur um 20% abgefallen waren. Demgegenüber zeigen die natürlichen Zuschlagstoffe bei derselben Temperatur einen Abstieg von 30%.

Bei 700° sind noch Festigkeiten von ungefähr 30-50% der ursprünglichen Festigkeiten vorhanden, während die natürlichen Zuschlagstoffe hier 20-30% gezeigt haben.

Auch das Absinken bei 900° ist nicht ganz so stark wie bei den natürlichen Zuschlagstoffen.

Eine Reihe der eben beschriebenen Körper wurde bei Erhitzung auf 300, 500, 700 und 900° noch heiss bezw. glühend aus dem Ofen herausgenommen und in kaltes Wasser gelegt. Hierbei wurden erhebliche Festigkeitseinbussen festgestellt, die aus Kurventafel 17 (siehe Seite 437) zu ersehen sind. Die Zahlen zeigen Folgendes: Die stärksten Festigkeitseinbussen durch die Abkühlung sind bei 300° zu verzeichnen. Bei den höheren Temperaturen, bei denen die Körper an sich schon stark geschädigt sind, sind die Festigkeitseinbussen nicht mehr bemerkenswert. Die Tafel 5 (siehe Seite 441) sowie Abb. 17 (siehe Seite 437) zeigen die gewonnenen Werte. Der Kalkstein zerfällt bei 900° zu einer schlammigen Masse, Abb. 18 (siehe Seite 439).

Um festzustellen, in welcher Weise die Korngrössen allenfalls auf die Festigkeiten und deren Rückgänge einwirken können, wurden ausser nach der Fullerkurve auch nach der Porenvolumekurve Zuschläge aus den eben beschriebenen Rohmaterialien hergestellt und diese zu Normenkörpern verarbeitet. Die Porenvolumenkurve und die Fullerkurve für die einzelnen Zuschlagstoffe sind in Kurventafel 19 (siehe Seite 439) zusammengestellt. Die Kurventafel zeigt, dass nach der Porenvolumenkurve naturgemäss mehr feine Anteile in den Zuschlägen vorhanden waren. Die Festigkeitsversuche wurden hier bis 500° durchgeführt, die ergebnisse sind in Tabelle 6 (Seite 441) zusammengestellt und in Kurventafel 20 (Seite 440) aufgezeichnet. Auch hier zeigt sich wieder ein Festigkeitsanstieg bei 300° und auch hier verhalten sich die Hochofenschlacken günstiger als die Naturprodukte.

Die Zahlen zeigen ein günstiges Verhalten auch noch bei 500°, dieses ist offenbar herbeigeführt durch die grosse Dichte des Betons.

Zusammenfassung.

1. *Standfestigkeit.*—Die Standfestigkeit des Betons auch bei hoher Temperatur ist noch gut, erst bei 1150° sinkt sie unter 2 kg/cm².

2. *Einfluss der Erhitzungsdauer.*—Bei 2 stündiger Erhitzungsdauer ist meist schon das Maximum der Einwirkung erreicht.

3. *Einfluss des Bindemittels.*—Hochofenschlackenhaltige Zemente verhalten sich günstiger als reine Portlandzemente, indem sie bei Erhitzung auf 300° zu Festigkeitssteigerungen des Betons führen.

4. *Anteil der Zuschlagsart.*—Quartzhaltige Zuschläge beeinflussen die Festigkeit am ungünstigsten, besonders Granit sinkt schnell in der Festigkeit, während Kalkstein sich besonders bei niederen Temperaturen bis 700° günstig verhält. Hochofen-Stückschlacke verhält sich günstiger als Naturgestein.

5. *Anteil der Abkühlungsart.*—Plötzliche Abkühlung durch Wasser setzt die Festigkeiten stark herab, selbst dann, wenn der Beton nur auf 300° erhitzt war. Die Festigkeiten betragen bei wasser-abgekühltem Beton
bei 300° 30-50%
„ 500° 10-30%
wobei natürlich die bei 500° erhaltenen absoluten Zahlen tiefer liegen als bei 300°.

6. *Anteil der Korngrössen.*—Ein geringer Überschuss an feinem Korn ist von Vorteil.

7. *Einfluss der Temperaturhöhe.*—Dieser Einfluss geht aus Zahlentafel 7 hervor (siehe Seite 441).

Folgerungen für die Praxis.

Zur Errichtung von Bauwerken, die hohen Temperaturen Widerstand leisten sollen, arbeitet man am besten mit puzzolanhaltigen Zementen unter Zuschlag von dichter Hochofenschlacke. Bei Temperaturen bis 500° kann auch Kalkstein als ein Zuschlagstoff, der sich gut verhält, verwendet werden. Quarzhaltige Zuschläge sind unter allen Umständen zu vermeiden.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Bezugspreise.

Auf Grund der sehr stark vermehrten Herstellungkosten von „Cement and Cement Manufacture" in seiner neuen Form, ist es notwendig gewesen, den Preis auf 2 Shilling für jedes Heft zu erhöhen. Der jährliche, in der ganzen Welt postfreie Bezugspreis beträgt 24 Shilling. Augenblickliche Bezieher, welche auf Grund unserer früheren Subskriptionsliste im Voraus bezahlt heben, werden so lange die Hefte zum alten Preise weiter erhalten, bis ihr gegenwärtiges Abonnement abläuft.

Der jährliche Bezugspreis ist an „Cement and Cement Manufacture," London, S.W.1, Dartmouth Street 20, England einzusenden, worauf die Hefte regelmässig monatlich für die Dauer des Bezugs zugestellt werden.

BOOKS ON CONCRETE

FORMWORK.

A volume that should be in the hands of all concerned with construction in concrete has been written by Mr. A. E. Wynn, B.Sc., A.M.Am.Soc.C.E., a well known specialist in all classes of concrete and reinforced concrete structures. The book, **"Design and Construction of Formwork for Concrete Structures,"** gives the benefit of the author's very wide experience and specialist knowledge on the subject of formwork in such manner that it can readily be applied to any job. Tables are given setting out sizes of timber for all spans and loads; complete designs are given for formwork for every conceivable type of concrete structure, from simple footings to skyscrapers and arch bridges; there are tables from which quantities of timber required for any structure can be seen at a glance; it is, in fact, one of the few volumes that can be truly called "indispensable" to any builder. As *Engineering* said in a long review: "If Mr. Wynn's advice and recommendations are followed the prices derived from the factors given can be used with confidence when assessing the cost of formwork." *The Builder* said: "No contractor can afford to be without this important volume on a subject that has been too long neglected." This volume contains 320 pages, 219 illustrations (working drawings and photographs), 12 folders of complete formwork designs for large structures—these are in addition to the designs given in the text—and 11 design tables from which sizes and quantities can be seen at a glance. Details of cost are given with all designs. *Price 20s.; by post, 20s. 9d.*

PRE-CAST CONCRETE.

The only book dealing exhaustively with all types of concrete products and cast stone has just been published. **"Manufacture and Uses of Concrete Products and Cast Stone,"** by H. L. Childe, contains all the available information on the subject. It deals exhaustively with selection of materials, grading and proportioning, mixing, curing, surface treatment, moulds, etc. All methods of surface treatment are described and illustrated in colour and half-tone. A special chapter on moulds contains the most comprehensive selection of working drawings of moulds for all classes and shapes of products and cast stone. Sand, plaster, glue, concrete, and other moulds are fully described and illustrated. Suitable proportions of cement and aggregate are given for all classes of products and cast stone. (Third Edition.) *Price 5s. (postage 6d. extra).*

CONCRETE PRODUCTS.

"Concrete Building and Concrete Products."—A monthly journal for builders in concrete and manufacturers of concrete products and cast stone. *Send for specimen copy. Price 4d. monthly.*

COTTAGE CONSTRUCTION.

"Concrete Cottages, Bungalows and Garages," by Albert Lakeman, L.R.I.B.A., M.I.Struct.E. gives designs for concrete cottages, bungalows and garages of different types, with perspective drawings, plans, sections, full working drawings, bills of quantities, and all the information necessary to erect those structures at the very lowest cost. (Second Edition). *Cloth Binding, 5s.; Paper Covers, 3s. 6d. (postage 6d. extra).*

GUIDE TO REINFORCED CONCRETE.

Every builder, student, clerk of works and foreman should have a copy of **"Elementary Guide to Reinforced Concrete,"** by Albert Lakeman, L.R.I.B.A., M.I.Struct.E.(late Lecturer at Woolwich Polytechnic), which explains the principles of reinforced concrete construction in such simple language that it can be understood by a reader with no previous knowledge of the subject whatever. (Fifth Edition.) *Price 2s.*

CONCRETE FOR BUILDERS.

"Concrete Construction Made Easy," by Albert Lakeman and Leslie Turner, gives complete designs for a wide range of structures, with table and clear diagrams, from which the builder with no previous experience can erect reinforced concrete structures. *(Just published. Price, 3s. 6d.; by post, 4s.).*

CONCRETE FACTORY OPERATION.

"Pre-cast Concrete Factory Operation" gives full illustrated descriptions of the methods, materials and plant used in twenty of the leading English factories producing pre-cast concrete of every description, from architectural cast stone to roofing tiles. *Price 3s. 6d.; by post, 4s.*

REINFORCED CONCRETE BEAMS.

Dr. Oscar Faber's work, **"Reinforced Concrete Beams in Bending and Shear,"** is an exhaustive treatise on the subject, and contains new rules and formulæ which have a scientific basis and may be conveniently used by engineers. *Price 9s. (postage 6d. extra).*

HANDBOOK, DIRECTORY, CATALOGUE.

"The Concrete Year Book," edited by Dr. Oscar Faber, O.B.E., D.Sc., M.Inst.C.E., and H. L. Childe, is a handbook, directory and catalogue of the concrete industry. Only a few copies of the 1930 edition (684 pages) now left. Order now to avoid disappointment. *Price 3s. 6d.; by post, 4s.*

Detailed Prospectuses sent on Request.

CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20 DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1

VOLUMEN 3. NÚMERO 3. MARZO 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
EL CEMENTO Y SU FABRICACIÓN.

SECCIÓN ESPAÑOLA

PUBLICADA POR CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, INGLATERRA.
Se publica el 20 de cada mes. Precio, 2 shillings el ejemplar.
Subscripción anual, 24 shillings, franqueo comprendido.

La transmisión de energía en las fábricas de cemento.

por W. GOODYEAR, M.I.Mech.E.

La fabricación del cemento Portland consume una gran cantidad de energía, variando dicho consumo entre unos 60 a 120 Kw-horas por tonelada producida. La cantidad exacta depende, sin embargo, principalmente, de la naturaleza de las primeras materias y de la finura del producto acabado. Han llegado a registrarse cifras más elevadas, de hasta 160 Kw-horas por tonelada, pero son cantidades no usuales.

Una gran porción de la energía se consume en la molturación de las primeras materias y del producto acabado, pero el consumo en otras secciones va creciendo constantemente, a causa de la introducción de dispositivos economizadores de mano de obra. En la mayoría de los puntos se dispone de energía eléctrica económica, y ésto, unido a la introducción del accionamiento de las máquinas por medio de motores eléctricos, aumenta la tendencia al empleo de la electricidad. Estos factores tienden, también, a eliminar la transmisión puramente mecánica, acoplando los motores más o menos directamente a las diversas máquinas; pero como, sin embargo, solamente las ventiladores y otras máquinas similares de alta velocidad pueden ser conectados directamente a los motores sin el uso de engranajes de reducción o transmisión, resulta de interés considerable el asunto del presente artículo.

Cuando las fábricas eran pequeñas, produciendo, por ejemplo, 1,000 toneladas por semana cada una, era corriente agrupar todas las máquinas consumidoras de energía alrededor de dos o tres grandes unidades productoras de fuerza. Con el advenimiento de la energía eléctrica, la transmisión resultó más sencilla, se dispusieron mayores facilidades para la diseminación de la fabrica y para la obtención de un agrupamiento o disposición mejor de la maquinaria. Con el uso de la electricidad, la transmisión pudo disponerse más fácilmente, y al mismo tiempo, las fábricas se hicieron mayores.

Con máquinas de baja velocidad del tipo horizontal se obtenía un rendimiento mecánico de un 90 a un 92% a plena carga, efectuándose, generalmente, el

accionamiento principal por medio de cables, que desde el volante iban a parar a una polea situada sobre el eje del molino. Con las máquinas de alta velocidad del tipo vertical, de lubricación forzada, se obtenía un rendimiento mecánico de un 92 a un 93%, a plena carga, pero ya no resultaba tan fácil transmitir la energía desde el eje de alta velocidad a un eje de molino de baja velocidad.

El método usual de transmisión de fuerza en cualquier industria es por cables, correas, cadenas, engranajes o electricidad. En algunas condiciones y en casos especiales, sin embargo, es posible el accionamiento eléctrico directo.

Los cables y correas suelen operar a alta velocidad. Forman un elemento elástico de transmisión, pero solamente pueden emplearse satisfactoriamente para accionar máquinas que requieran un par constante; si dicho par no fuera constante, las máquinas deberían ir provistas de un volante, u otro dispositivo que produjera el efecto de volante. La transmisión por cable o correa no se presta a una carga brusca o rápidamente alterable, sin la ayuda de un volante o elemento equivalente.

Transmisión por cables.—Los cables para la transmisión de fuerza debieran ser de algodón. El cáñamo y el abacá se emplean algunas veces en casos de urgencia, pero para larga duración y funcionamiento suave su valor es considerablemente inferior al del algodón. Los cables de algodón son de tres o de cuatro cabos, con un cabo de tensión o sin él, y aun cuando ambas clases tengan sus acérrimos defensores, no es improbable que ambas clases, aplicadas de la misma manera, funcionando en las mismas condiciones y con el mismo tipo de conservación, darían la misma duración de funcionamiento y resultarían igualmente económicas.

Para asegurarse condiciones de funcionamiento razonables, debería existir cierta relación mínima entre el diámetro del cable y el la polea en que trabaja. La mayoría de los fabricantes de cables adoptan la cifra de 30 (esto es, que el diámetro de la polea es 30 veces el diámetro del cable) como la más adecuada. La experiencia indica, sin embargo, que esta relación puede reducirse algo tratándose de cables de pequeño diámetro, y que hay ventaja en aumentarla ligeramente cuando se trata de cables de gran diámetro. Así, pues, una cuerda de un diámetro de 12 mm. trabajará a igual satisfacción sobre una polea de 330 o de 350 mm. de diámetro que sobre una de 380 mm. de diámetro, pero un cable de 5 cm. de diámetro dará mejor resultado cuando trabaje sobre una polea de, por ejemplo, 1,650 mm. ó 1,775 mm. de diámetro, que no si fuese del tipo exacto de 1,500 mm.

La velocidad más corriente, y probablemente más económica, para un cable, es la de 1,400 a 1,500 m. por minuto. Si ambas poleas son grandes, la cifra puede aumentarse, sin riesgo, a 1,800 y aún a 2,000 m. por minuto. Se requieren, sin embargo, condiciones muy buenas para que los cables puedan trabajar a esta velocidad. Cuando los cables que van a gran velocidad trabajan sobre poleas de pequeño diámetro, la acción de la fuerza centrífuga sobre el cable reduce de tal manera el arco de contacto, que se producirá el deslizamiento y un desgaste anormal; puede resultar, inclusive, imposible, transmitir la fuerza deseada sin mantener los cables extraordinariamente tensos. Siempre que fuese posible, el ramal tensor (conductor) del cable, debiera disponerse abajo, de modo que la relajación que debida al estiramiento pueda producirse, tienda a aumentar el arco de contacto. Si fuese el ramal conducido el situado abajo, el arco de contacto disminuiría.

La forma de las gargantas de las poleas y el diámetro efectivo de las diferentes gargantas son factores muy importantes para la duración de un cable de transmisión de fuerza. Si las gargantas son exactamente de la misma forma,

la cuerda se irá amoldando gradualmente a dicha forma. Si la forma de la garganta de una de las poleas es distinta de la de la otra, las cuerdas tendrán que amoldarse cada vez a ellas cuando pasen de una polea a la otra. Nunca se dará bastante importancia al trazado de las gargantas en las poleas para cables.

La capacidad transmisora de fuerza de los cables, para una velocidad de 1,460 m. por minuto, se da en la Tabla I. A cualquier velocidad inferior a 1,460 m. por minuto, la capacidad transmisora de fuerza quedará reducida en la misma proporción. A velocidades ligeramente más altas, la capacidad transmisora de fuerza de cualquier cable probablemente disminuirá en una proporción ligeramente más elevada, y sin duda decrecerá rápidamente a velocidades de 1,800 a 2,000 m. por minuto. La proporción de disminución quedará determinada, principalmente, por el diámetro de la polea menor.

TABLA I.

Capacidad transmisora de fuerza de las cuerdas de algodón de una velocidad de 1,460 m. minuto.

Diámetro del cable (cms.)	1.25	2	2.5	3	4	4.5	5	5.5	6.5
C.V. por cable	4.0	8.8	15.5	24.0	35	47	62	80	95

La transmisión por cables es un método muy conveniente y eficaz de transmisión de fuerza desde un eje a otro por medio de ruedas de gran diámetro, y con velocidades relativamente bajas en los ejes. Como no es posible cruzar los cables, ambos ejes habrán de girar en el mismo sentido.

La distancia entre centros de los dos ejes suele determinarse a menudo por razones de conveniencia del emplazamiento. Si la distancia entre centros es corta, las condiciones atmosféricas podrán resultar demasiado duras para la cuerda, y un ambiente húmedo podrá causar una contracción excesiva del cable y un daño irremediable. Si, por otra parte, los centros están demasiado distantes, puede producirse un deterioro por la catenaria excesiva que se forma; además, los cables pueden tender a balancearse, y será preciso instalar horquillas de guía. La dimensión conveniente para la distancia entre los centros de ejes será de 2.5 veces y media la suma de los diámetros de ambas poleas.

Prácticamente, no hay límite para la cantidad de energía que puede transmitirse por medio de un sistema de cables. Es fácilmente posible transmitir potencias muy grandes por este método, con marcha suave, relación de velocidad casi constante y reducido desgaste. Un examen de los datos disponibles indica que es posible transmitir una potencia mucho mayor por cm. de llanta de polea con cables de diámetro grande que con cables de pequeño diámetro. Con poleas principales, de una llanta de 2.50 m. y una velocidad de 1,460 m. por minuto en el cable, sería posible, en determinadas condiciones, transmitir 2,000 C.V. empleando cables de 5 cm.; solamente sería posible, en cambio, transmitir 1,000 C.V. en las mismas condiciones y con la misma llanta de polea, usando cables de 2.5 cms. de diámetro.

La limitación de la velocidad del cable y una relación de 30 : 1 para el diámetro de la polea al del cable, determinan automáticamente la más alta velocidad a que puede correr un eje accionado por cables. Con diámetros de cable de 2.5 y 5 cms., las mayores velocidades son de 305 y 155 r.p.m., respectivamente. Este principio ha sido extendido y calculado para todos los tamaños corrientes de cable en la tabla No. 2.

TABLA II.

Diámetro del cable (cms.)	1.25	2	2.5	3	4	4.5	5	5.5	6.5
Velocidad (máxima) del eje. R.p.m.	610	420	305	245	205	178	155	135	120

Transmisiones por correa.—Pasando a las transmisiones por correa, puede decirse, desde un principio, que la transmisión por correas es de orden secundario con respecto a la transmisión por cables. Es cierto que la transmisión principal se efectúa a veces por correa, pero ésto es más bien una excepción que una regla. También se usan algunas veces cintas de acero para la transmisión principal, pero tampoco este método ha sido muy ampliamente adoptado. Las correas o cintas son medios muy convenientes y útiles para emplear en transmisiones sencillas o secundarias; cuando la cantidad de energía es pequeña, puede disponerse económicamente una transmisión por correa. Muchas de las reglas empleadas en relación con el accionamiento por cable pueden emplearse ventajosamente también para la transmisión por correa.

Tratándose de la velocidad, en primer lugar, una velocidad de 1,200 a 1,400 m. por minuto es muy económica, y completamente adecuada a los accionamientos principales, siempre que el diámetro de las poleas sea grande y pequeña la fuerza centrífuga de la correa. En el caso de transmisiones secundarias, la velocidad puede reducirse ventajosamente a 600 ó 750 m. por minuto, y para transmisiones de menor importancia puede ser aún menor. En los casos en que el cambio de velocidad deba realizarse a mano, la velocidad debe mantenerse muy baja.

Teniendo en cuenta el espesor de las correas, la relación del grueso de las mismas al diámetro de la polea sobre la cual trabajan es un factor de tanta importancia como al tratarse de transmisiones por cables. El factor, en el caso de los cables y de sus poleas, ya se había fijado en aproximadamente 1 : 30; tratándose de correas, una relación de 1 : 40, y aún de 1 : 48, resultaría más adecuada.

Al disponer una transmisión por correa, los factores a tener en cuenta deben considerarse en el siguiente orden correlativo: 1°, fuerza que se desea transmitir; 2°, máxima velocidad económica o conveniente; 3°, área de la sección transversal de la correa; 4°, ancho de la correa, con relación a su espesor, y éste, a su vez, debe también considerarse con respecto al diámetro de la polea y al hecho de que la correa vaya directa o cruzada.

El tamaño de la polea más pequeña tiene un efecto importante, en las transmisiones por correa, sobre la cantidad de energía que han de transmitir. El diámetro de la polea puede ser tan pequeño, y tan alta la velocidad de la correa, que ésta apenas toque la polea al pasar a su alrededor. La curva de la Fig. 1 (pág. 404) ha sido trazada con el objeto de indicar la importancia del diámetro de la polea con respecto a la transmisión de energía; estos datos han sido comprobados con ejemplos de muchas transmisiones, y pueden considerarse como seguros.

El rendimiento de una transmisión por cable puede llegar hasta un 98%, con tal que todas las condiciones (velocidad del cable con relación al diámetro de la polea más pequeña, centros de cojinetes, rigidez del cable, forma de las gargantas, tensión del cable, etc.), sean favorables. El que el valor del rendimiento decrezca por debajo de 98% dependerá de la influencia ejercida por cada uno de estos factores.

El rendimiento de una transmisión por correa dependerá de: 1°, el espesor de la correa con relación al diámetro de la polea más pequeña; 2°, la velocidad de la correa con respecto al diámetro de la polea más pequeña; 3°, el arco de contacto de la correa sobre la polea más pequeña; 4°, la tensión total de los dos ramales de la correa; y 5°, el estado de la superficie de adherencia. El máximo rendimiento puede ser hasta de un 98%, pero no puede fijarse ninguna cifra para el rendimiento mínimo. La atmósfera polvorienta de muchas

fábricas de cemento hace muy difícil, a menudo, el mantener en buen estado la superficie de la correa.

En este punto podemos hacer referencia a la transmisión Lennix (por correa). En la Fig. 2 (pág. 405) se da una reproducción esquemática de esta clase de transmisión. En la transmisión Lennix, el arco natural de contacto de la correa con la polea menor queda aumentado por la aplicación de una polea o rodillo tensor sobre el ramal conducido de la correa, a la entrada de la polea conducida o a la salida de la conductora, según la que fuera de menor diámetro. El peso efectivo de esta polea tensora, o la presión ejercida por la misma, puede situarse de tal manera, que la presión de la correa sobre la polea accionadora y la tensión de accionamiento respondan automáticamente a cualquier variación de tension o de la energia transmitida. Esta característica automática, si las otras circunstancias son las adecuadas, debiera producir un alto rendimiento. Sin embargo, no se dan cifras específicas algunas. La transmisión Lennix permite a los accionamientos por correa el ser aplicados con éxito a poleas que trabajen con centros muy próximos y con una diferencia de diámetro considerable. Una relación de velocidad de 8 : 1, y aún de 10 : 1, con centros muy próximos, se hace posible mediante la transmisión Lennix, característica que hace que esta forma particular de transmisión sea muy valiosa en muchos casos.

La tensión sobre los soportes, que resulta de todo accionamiento por correa, será similar, pero tal vez superior, a la tensión resultante en una transmisión por cables, y el proyecto y dimensiones de los soportes deberán ser realizados de acuerdo con ésto. Además del valor preciso de la tensión requerido por la transmisión de la fuerza, necesitará una tensión adicional, tratándose de correas, para evitar que patinen.

Transmisiones por cadena.—La transmisión por cadena se está popularizando cada vez más en la prática reciente, y es superfluo decir que los factores principales, con respecto a esta clase de transmisión, son opuestos a los correspondientes a las transmisiones por cable o por correa. Tratándose de estas dos últimas, se tienen cables o correas relativamente ligeros, que transmiten pequeñas potencias a muy altas velocidades; en la transmisión por cadena, se tienen cadenas pesadas que transmiten grandes potencias a una velocidad relativamente pequeña. De esta forma, la experiencia adquirida para un tipo de transmisión no puede ayudar para nada en el estudio de la otra, ya que ambos están basados en principios diferentes.

Hay dos tipos principales de accionamientos por cadena. Uno es el antiguo tipo basto de cadena de paso grande, que es el adoptado para transportadores de cadena, elevadores y otros trabajos similares. En él, los eslabones suelen ser de fundición maleable, y la cadena se engrana con ruedas de muescas de hierro fundido (con dientes templados) o de acero al manganeso. Este tipo de cadena ha servido, y probablemente servirá todavía, útilmente. Sin embargo, la velocidad y la fuerza de tensión deben mantenerse relativamente bajas. Las listas de los fabricantes suelen asignar una velocidad máxima de 300 a 360 m. por minuto para las cadenas de esta clase, pero las condiciones deben ser muy buenas para que las cadenas puedan ir a dicha velocidad. La tensión efectiva debe mantenerse razonablemente uniforme, y no debe quedar retenida la cadena, ni haber peligro de atascamiento, pues si tal cosa acaeciera, probablemente, la cadena se rompería. Este tipo de cadena es muy conveniente, y sirve para muchas cosas, pero difícilmente puede ser considerado como un elemento de transmisión de energía para grandes potencias.

El otro tipo de cadena es de un modelo muchísimo más perfeccionado; la construcción es completamente diferente, el peso es mucho más pequeño y

uniforme, están construídas con muchísima mayor precisión y exactitud, y se trata de un trabajo de calidad superior; los dientes de las ruedas con los cuales se engrana la cadena están fresados a máquina, con gran precisión. Esta cadena es a propósito para transmitir altas potencias a velocidades de rotación relativamente elevadas; y con tal que las condiciones sean favorables, pueden llegar hasta 600 m. por minuto, y aún más, en condiciones escogidas.

Este tipo de cadena se emplea mucho en las industrias de construcción de máquinas-herramientas y de elaboración de la madera; en algunos casos, se encierran varios juegos en la misma caja de engranajes, para obtener transmisiones de velocidad variable, etc. En la industria del cemento, las cadenas de este tipo pueden usarse como transmisión multiplicadora, desde un eje de baja velocidad hasta otro de velocidad mayor, o vice-versa, como elemento reductor, de un eje de marcha rápida a otro de marcha más lenta.

La transmisión puede aplicarse a cualquier par de ejes de centros próximos; y estos centros pueden llegar a estar tan cerca uno del otro que los bordes de los dientes estén separados solamente una línea unos de otros.

Los soportes de los ejes deberán ser muy rígidos; los conjinetes deberán estar cerca de las ruedas; la cadena y las ruedas deberían, de ser posible, estar encerradas en una cámara de aceite herméticamente cerrada, y aplicarse un sistema de lubricación adecuado.

Engranaje recto o cilíndrico.—La transmisión de fuerza medio de engranajes rectos o cilíndricos también está muy generalizada. Es una de las formas más antiguas de transmisión, y el accionamiento de elevadores, transportadores, toda suerte de molinos, secadores, hornos, enfriadores, etc., se realiza frecuentemente por medio de este tipo de engranajes. Primitivamente, los engranajes cilíndricos se moldeaban de una sola pieza, o en varias piezas, por medio de una máquina, con modelos de moldear, pero ambos métodos tienen sus defectos; estos defectos son los que imponen, luego, un límite a la potencia que puede transmitirse o a la velocidad a que pueden funcionar las ruedas.

Para obtener más altas velocidades de funcionamiento, y una marcha más silenciosa, en igualdad de las demás condiciones y para el mismo trabajo, se hace engranar una rueda, ordinariamente de hierro fundido, con dientes fresados, con los dientes de madera (dientes sobrepuestos) de la otra rueda. Han llegado a hacerse pares de ruedas de esta índole para transmitir hasta 100 C.V., la velocidad periférica podía ser muy alta, pero la presión en los dientes debía reducirse, y de todos modos, los dientes de madera tenían que ser renovados a menudo. Las ventajas de este tipo de engranaje eran una marcha silenciosa y una reducción en la lubricación.

Posteriormente, se adoptaron los engranajes de acero fundido, moldeados con modelo y con la máquina de moldear. Las ruedas de engranaje de este metal rara vez se rompían, pero frecuentemente se desgastaban muy deprisa, a causa de la lubricación deficiente. Hacían, también, mucho ruido. Cuando se introdujo el empleo de dientes fresados, se consiguió una gran mejora.

Debido a la inexactitud del paso, no es posible en la práctica hacer marchar engranajes de hierro fundido moldeados, con modelo o con máquina, a una velocidad superior a 500 ó 550 m. por minuto, y aún en estas condiciones, podría resultar necesario mantener reducida la presión en los dientes. Si la velocidad o la presión son demasiado altas, el choque producido por la inexactitud mencionada, causará la rotura de los dientes. Si se substituye la fundición de hierro por la de acero, se suprimirán las roturas, pero aumentará el ruido. El ruido podrá no ser una objeción grave, pero el ruido es señal de que hay

choque, aceleración y retardamiento con desgaste excesivo, y como tal, debe ser reducido, o enteramente eliminado. Debe tenerse el máximo cuidado en la obtención de un paso lo más exacto posible.

Con la introducción de dientes fresados se obtuvo una inmensa mejora en las condiciones de funcionamiento. Este progreso permitió la obtención de mayores velocidades, y la admisibilidad de más altas presiones en los dientes; produjo un funcionamiento más suave y permitió la aplicación satisfactoria de una lubricación eficaz. Estas condiciones mejoradas requirieron una instalación mejor hecha, y exigieron un género de conservación más cuidadoso. El coste de instalación es forzosamente mayor, pero puede transmitirse mayor potencia, su duración en buen uso es mayor, y es más importante el rendimiento económico.

A continuación se reproducen cifras típicas, y reales, obtenidas en un tipo de molino antiguo, pero muy corriente, accionado por medio de engranajes de fundición moldeados a máquina o con modelo, comparándolas con cifras muy parecidas, obtenidas de un molino de nuevo modelo accionado por engranaje de acero con dientes fresados; indican claramente cuál ha sido el progreso realizado, y el punto a que se ha llegado en el material de proyecto y funcionamiento de engranajes.

El molino antiguo iba accionado por una corona dentada de fundición, que tenía 100 dientes de un paso de 72.5 mm., 254 mm. de llanta, y giraba a 26 r.p.m., absorbiendo 100 C.V. al freno. La velocidad en la circunferencia primitiva era de 190 m. por minuto, y la presión de los dientes era de 95 kgs. por cm. de llanta. El nuevo molino va accionado por una rueda de acero fundido, con 139 dientes, de un paso de 87 mm. y de 316 mm. de llanta; gira a 24.5 r.p.m., y absorbe 750 C.V. al freno. La velocidad en la circunferencia primitiva es aproximadamente de 300 m. por minuto, y la presión de los dientes aproximadamente de 360 kg. por cm. de llanta. El primer engranaje era del tipo abierto, y se lubricaba de vez en cuando con grasa; el otro engranaje está completamente encerrado, y funciona en un baño de aceite. La vida de este último engranaje promete ser considerablemente más larga que la del primero, aun siendo más duras las condiciones de presión y velocidad.

Engranajes de accionamiento de los hornos.—Puede hacerse mención especial de los engranajes que accionan los hornos. Son, sin excepción, de acero fundido, la presión de los dientes en los primeros pares de ruedas es razonablemente moderada, pero en el último par puede llegar a ser de 700 a 900 kgs. por cm. de llanta; la velocidad de este último par es muy reducida. Estos engranajes suelen ser moldeados con modelo o a máquina, y se componen usualmente de tres a cuatro pares de ruedas. Aceptando la cifra de 87.5% para el rendimiento de cada par de engranajes, el rendimiento posible de cada engranaje, con su eje, vendrá a ser de un 85%, y el rendimiento total de toda la transmisión resultará de un 50% (el rendimiento será mayor si los engranajes tienen la superficie en buen estado, y sólo han sufrido pequeño desgaste). Si se instalan desde al primer momento engranajes de dientes fresados, las cifras de comparación serían, tal vez, del 97%, 94.5% y 79%, respectivamente.

Accionamiento por electro-motores.—El accionamiento por electro-motores se está generalizando, y la práctica de la distribución de energía está entrando en una fase completamente diferente. En un principio, las máquinas productoras se agrupaban alrededor de la máquina productora de energía, a menudo en detrimento de las primeras; el accionamiento por electro-motores permite colocar las unidades productoras de fabricación en los emplazamientos más ventajosos para sus respectivos cometidos.

Cuando la energía eléctrica se adquiere en gran escala, se emplea usualmente la corriente alterna, y el tipo de motor requiere una selección más cuidadosa. Puede afirmarse que los motores de jaula de ardilla de alto par de arranque se están generalizando mucho, en tamaños de hasta 20 C.V., siempre que la corriente de arranque no sea demasiado elevada para el manantial de energía disponible. Se están instalando, ahora, para tamaños mayores, motores de anillos rozantes, que también se instalan en aquellos casos en que deban mantenerse bajo control el par de arranque y la velocidad. Con la corriente continua, la velocidad conveniente y el control del arranque pueden obtenerse con mucha mayor facilidad; pero pueden, sin embargo, oponerse algunas objeciones al uso de los motores de corriente continua.

Los motores eléctricos acostumbran a ser de gran velocidad, y en la mayoría de los casos, es preciso interponer algún reductor entre el motor y la máquina accionada. Si la reducción es pequeña, por ejemplo, de 6:1, puede usarse un reductor de engranaje cilíndrico. Si la reducción es, por ejemplo, desde 10:1 hasta 30:1, debe emplearse un reductor de doble engranaje cilíndrico, o un reductor de tornillo sin fin. Estos aparatos reductores pueden instalarse conveniente y fácilmente, colocándolos en la posición que se desee, y sus controls pueden disponerse (a distancia del motor) agrupados en el lugar que más convenga.

En determinadas condiciones, puede resultar conveniente acoplar el motor directamente, por mediación de un acoplamiento elástico, a la máquina que acciona; haciéndolo así, puede usarse un motor de gran velocidad para los ventiladores, insufladores, bombas centrífugas, etc. También pueden acoplarse de la misma manera motores menos rápidos, o de baja velocidad, a las contramarchas de los molinos de bolas, refinos tubulares, etc., suprimiendo, así, completamente, todo engranaje independiente. Debe mencionarse, sin embargo, que el rendimiento de un motor de baja velocidad es menor que el de los motores de alta velocidad, y que el factor de potencia será considerablemente más bajo. Si el motor es de tamaño considerable, y las condiciones de funcionamiento lo permiten, el motor deberá ser del tipo auto-sincrónico, capaz de elevar el factor de potencia a la cifra que se desee.

Otro método sería la adopción de un moto-reductor (un motor de alta velocidad provisto de un reductor de engranaje sencillo, doble, y aún triple, en su mismo carter) con el eje de baja velocidad funcionando a la velocidad deseada. Estas máquinas se están popularizando mucho en el Continente europeo. Las piezas de trabajo de este engranaje son de acero especial, cementadas y rectificadas; los cojinetes son del tipo de bolas o de rodillos; la máquina, en su conjunto, es de alta calidad, y funciona con un rendimiento total (eléctrico y mecánico) de 90 a 92%, y da una reducción de velocidad desde 1,500 r.p.m. a la que se desee, hasta 20 r.p.m.

Generalidades.—Pudiendo elegirse entre estas alternativas, resulta natural preguntar: "¿Cuál de ellas resultará probablemente la mejor, o la de mejor rendimiento?" Generalmente, las condiciones de emplazamiento o del trabajo a realizar determinan el tipo de transmisión o de engranaje que se adopta, aun cuando algunas veces es posible la elección. No se debe perder de vista el rendimiento; sin embargo, no debe atribuirse excesiva importancia a la obtención de una cifra elevada, pues no siembre un alto rendimiento resulta económico. Se ha pasado revista al rendimiento de las transmisiones por cable, o correas, y parece posible llegar a la obtención de cifras de hasta un 98%, a plena carga, con buena marcha y condiciones favorables.

Si se estudia la posibilidad de instalar transmisiones por cadena, debe trazarse una divisoria entre las transmisiones de tipo basto y las perfeccionadas. las transmisiones realizadas mediante cadenas de precisión de calidad superior, que engranan con dientes tallados a máquina, totalmente cerradas, lubricadas por immersión, deberían tener un rendimiento del mismo orden que el de un solo par de engranajes cilíndricos fresados, o sea, de un 98%. Por otra parte, el rendimiento de una cadena de eslabones de hierro maleable, que engranase con los dientes de superficie áspera de una rueda de hierro fundido, sería muy bajo, especialmente cuando fuese nueva; esta última clase de cadena es más bien un elemento de conveniencia que un transmisor de energía. El rendimiento de una transmisión por engranajes cilíndricos puede ser muy alto o muy bajo, según fuere el perfil de los dientes, la uniformidad del paso de los mismos, la finura de la superficie de engrane, la presión unitaria sobre los dientes y la eficacia de la lubricación. Un engranaje de calidad superior, totalmente encerrado y lubricado por inmersión, con una relación de velocidad de, por ejemplo, 5 : 1, que trabaje en buenas condiciones generales, dará un rendimiento de un 98 a un 98.5%. Un engranaje de reducción doble, o triple, totalmente encerrado, de la misma clase, en las mejores condiciones dará un rendimiento de 96.5 a 97.5%, y 95 a 96%, respectivamente.

Por otra parte, el rendimiento del engranaje de superficie sin elaborar, moldeado con modelo o a máquina será muy bajo, probablemente de hasta sólo un 85% a 90%; el rendimiento de un engranaje muy desgastado o con mucho rozamiento sería del mismo orden; y en las peores condiciones, podría llegar a ser de sólo 80%, y aún 75%.

El rendimiento de un engranaje cónico de tipo totalmente encerrado en un carter puede ser de un 95%, tal vez (no disponemos de cifras), pero el rendimiento del engranaje cónico, como se le aplica ordinariamente, será siempre bajo. Las transmisiones por engranaje cónico deben evitarse siempre que sea posible.

El rendimiento de un reductor de tornillo dependerá, principalmente, de la relación de velocidad (ángulos de los conos). Si la relación de velocidad es del orden de $7\frac{1}{2}$: 1, el rendimiento será de 93% a 94%; cuando se convierta en 30 : 1, el rendimiento descenderá hasta un 85%. En la fig. 3 (pág. 410) se da un gráfico que muestra la proporción de descenso del rendimiento de los reductores de tornillo sin fin, de calidad superior. La gran ventaja del engranaje de tornillo sin fin es su gran capacidad reductora de velocidad, y su suave funcionamiento.

También conviene mencionar el engranaje de velocidad variable; este engranaje se requiere, a menudo, para regular la velocidad del horno, del alimentador de carbón, del de pasta, los mecanismos extractores, alimentadores, molinos, etc., y para otros diversos fines especiales. No parece existir ningún engranaje de velocidad variable mecánicamente sólido y de rendimiento razonable, adecuado para carga dura; hay algunos tipos de engranajes pequeños, de por ejemplo, 20 a 25 C.V., pero su control no suele, generalmente, adaptarse al mando a distancia.

Cuando se dispone de corriente continua, es fácilmente posible obtener todas las velocidades razonables dentro de los límites impuestos por una velocidad máxima y una velocidad mínima del motor.

El elemento para obtener dicha variación también puede colocarse donde convenga, a distancia del motor. Cuando se emplea la corriente alterna, es necesario adoptar, bien un motor de dos velocidades, bien uno del tipo de colector. Algunas máquinas de la fábrica pueden ser accionadas convenientemente por un motor de dos velocidades, pero dos velocidades no satisfacen en

manera alguna todas las condiciones de funcionamiento. El motor de corriente alterna de tipo de colector suministra una escala considerable de variaciones de velocidad; pero, hasta el presente, ha resultado una máquina tan costosa, que es difícil llegue a ser económicamente conveniente. Con este motor, la variación de velocidad se obtiene cambiando la posición de las escobillas, siendo posible hacer este cambio a distancia. Este mismo tipo de máquina se emplea, también, para obtener velocidades permanentes muy distintas de las velocidades de sincronismo; en esta máquina, sin embargo, se gradúa la posición de las escobillas para obtener la velocidad deseada, y luego se dejan ya fijas permanentemente. Una regla muy conveniente relativa a los engranajes de velocidad variable es "No tratar de hacer mecánicamente lo que se puede efectuar eléctricamente."

Resumen.

A continuación damos un sucinto resumen de las notas precedentes:

Cables.—Son muy adecuados para las transmisiones principales y para transmitir grandes potencias desde y hasta ejes de marcha lenta. El algodón es el material más adecuado. No es posible cruzar los cables. La velocidad más económica es la de 1,460 m. por minuto. El rendimiento a plena capacidad es de un 97 a un 98%.

Correas.—Especialmente adecuadas para transmisiones secundarias, ligeras o muy ligeras. La velocidad dependerá de la naturaleza y misión del accionamiento. Las correas pueden ir cruzadas, o sin cruzar. El mayor rendimiento posible, a plena capacidad, es de un 97 a un 98%.

Cadenas.—Se dividen en dos clases: 1°, cadenas de tipo basto, o transmisiones de conveniencia; 2°, transmisiones de precisión de calidad superior. Las primeras se instalan solamente por mayor conveniencia, la potencia y velocidad serán reducidos, el rendimiento, más reducido todavía. La segunda clase puede realizar trabajos importantes, la velocidad puede ser elevada, lo mismo que la energía transmitida, funcionan con centros muy próximos, el rendimiento a plena capacidad, cuando están totalmente encerradas y lubricadas por inmersión, será de un 97 a un 98%.

Engranajes.—Se dividen, principalmente, en engranajes cilíndricos y cónicos, de calidad inferior y superior. El engranaje cilíndrico se utiliza universalmente: (*a*), moldeado con modelo o a máquina y para presiones y velocidades reducidas y medianas; (*b*), en forma de engranajes fresados, de precisión, para altas presiones y grandes velocidades. El mayor rendimiento posible, empleando engranajes fresados y lubricados por immersión, será de un 97 a un 98%.

A causa de la dificultad de construir, alinear y mantener con precisión la alineación del engranaje, cónico, las velocidades, presión de los dientes y energía de este engranaje siempre serán inferiores a los del engranaje cilíndrico. El rendimiento será también menor. Siempre que sea posible, deberán evitarse los engranajes cónicos.

Electricidad.—Cuando se puede adquirir la energía a bajo precio, el accionamiento eléctrico por unidades separadas debe ser el adoptado; la velocidad del motor, así como lo que resulte de la aplicación de un reductor, si fuere preciso, debe ser estudiado desde el punto de vista de la economía. El rendimiento del motor será de un 90 a un 94 ó 95%, a plena carga. El rendimiento del reductor de engranaje puede obtenerse de los datos citados más arriba.

Velocidad variable.—La variación de velocidad puede obtenerse más satisfactoriamente por medio de la electricidad que de ningún otro modo. La corriente continua suministra actualmente las mejores facilidades económicas para cualquier variación dentro de límites razonables, con la ventaja de un fácil mando a distancia.

El cemento caliente.

por N. DAVEY, B.Sc., A.M.Inst.C.E.

(Estación de investigación de construcciones, de Watford, Inglaterra).

Con los términos " cemento caliente " queremos designar aquí el cemento que resulta caliente al tacto. El cemento se calienta por el calor de frotamiento, desarrollado durante la molturación, y generalmente, cuanto más finamente se muele el cemento, más elevada es su temperatura al salir de los molinos.

A menudo ocurre que el cemento, y más especialmente el cemento de endurecimiento rápido y el cemento almacenado en sacos de papel, resultan notablemente calientes al tacto cuando llegan a destino; a veces ha existido alguna duda acerca de la calidad del hormigón que resultaría de su empleo.

Aparte de los ensayos realizados por el Departamento de Carreteras del Estado de Tennessee, en Nashville, E.U. America, a los que se hace alusión en las Actas del Instituto Norteamericano del hormigón para el año 1929, p. 434, se dispone de poca información sobre este asunto. Los ensayos norteamericanos demostraron que, mientras estos cementos concordaran con las prescripciones físicas de las Normas de la Sociedad Norteamericana para ensayo de materiales para el cemento Portland, la temperatura del cemento al ser recibido en el emplazamiento de la obra no tenía importancia. No se encontró ninguna diferencia esencial en las resistencias a la tracción ni a la compresión, ni en las otras características, aun cuando se advirtió un fraguado ligeramente más rápido.

La Estación de investigación de construcciones Inglaterra emprendió una serie de ensayos sobre un cemento Portland normal, que cumplía las Normas de la Asociación británica de standards de ingeniería para el cemento Portland, y los resultados que anotamos más abajo confirman los obtenidos en America.

Se llegó a un acuerdo con uno de los fabricantes de cemento Portland, que permitió a los representantes de la Estación de investigación sobre construcciones visitar su fábrica, y recoger muestras de cemento apenas salía de los molinos. La temperatura del cemento sobre el transportador de correa que llevaba el cemento desde los molinos hasta los silos de almacenaje era de 140° C.

Los primeros ensayos de tiempo de fraguado, y la preparación de las briquetas de mortero de arena, se realizaron en el laboratorio de la fábrica, con el cemento a la media hora de hecho. La temperatura había descendido de 14° a 122° C, pero esta temperatura era aún muy superior a la temperatura que el cemento suele tener cuando llega a destino.

En la tabla I se dan las cifras del ensayo según las normas tipo para el cemento enfriado hasta 16° C, dos días después de salir del horno.

Usando recipientes construídos especialmente y frascos aislados por el vacío (termos), el cemento recogido en los molinos a una temperatura de 140° C fué transportado a la Estación de investigación de construcciones, sin pérdida importante de calor. De esta manera, los ensayos que se habían realizado en la fábrica pudieron repetirse a distintos intervalos de tiempo, al ir enfriándose el cemento. La primera serie de probetas de hormigón se preparó en la Estación de investigación sobre construcciones, con cemento que tenía una temperatura de 120° C, y que no llevaba aún 4 horas de preparado.

Los ensayos de tiempo de fraguado en la tabla 2 (pág. 416), y los ensayos de resistencia a la tracción de la tabla 3 (pág. 417), se realizaron sobre muestras preparadas con cemento conservado en grandes frascos termos, y el hormigón se preparó con muestras conservadas en recipientes aislados de mayor capacidad, construídos especialmente. La pérdida de calor fué diferente

en los dos tipos de recipiente, y por consiguiente, las temperaturas en cualquier momento dado variaron algo. Por ejemplo, después de 18 horas de conservación, la temperatura del cemento contenido en los frascos era de 65° C, mientras que en los recipientes mayores había descendido hasta 30° C.

TABLA I.

Análisis químico.

SiO_2	22.18	
Al_3O_3	5.10	
Fe_2O_3	3.69	
TiO_2	0.69	
CaO	63.10	
MgO	1.51	
Na_2O	0.42	
K_2O	0.82	
SO_3	2.17	
Pérdida (por diferencia)	0.32	100.00

Analisis de finura:—Residuo al tamiz de 4900 mallas por cm², 7.26 %
„ „ 900 „ „ 0.21 %

Estabilidad de volumen:—Le Chatelier : 9 mm. de expansión (no aireadas).
2.5 mm. de expansión (aireadas 24 horas).

Resistencia a la traccion: Pasta Pura : 7 dias. 57 kgs. por cm²
Mortero de arena : 7 „ 27 „ „
„ „ 28 „ 32 „ „

Para los ensayos de tiempo de fraguado, la pasta pura de cemento fué amasada con la cantidad de agua estrictamente necesaria para dar una consistencia representada por una penetración de 5 mm. de la aguja de Vicat. Esta consistencia correspondió a un desbordamiento de 12.5 cm. sobre el tablero de fluidez. Cuando el cemento estaba caliente hacía falta mayor cantidad de agua para producir esta consistencia. Las cifras de la fig. 1 (pág. 414) prueban que el cemento caliente fragua más rápidamente que el cemento frío, y que el efecto se nota más en el principio del fraguado. La diferencia entre el final del fraguado del cemento que tenía 122° C de temperatura al tiempo de efectuarse el amasado, y el de aquél que solamente tenía 15° C, era solamente de media hora. Esta diferencia puede considerarse de poca importancia.

En la fig. 1 (pág. 414) las cifras de la izquierda indican el tiempo de fraguado del cemento caliente, en horas; las cifras al pie indican la edad del cemento, desde media hora a 20 días. En la fig. 2 (pág. 415) las cifras de la izquierda indican la resistencia a la tracción de las briquetas de mortero de arena, preparadas con cemento caliente, en libras (inglesas) por pulgada cuadrada; las cifras al pie indican la edad del cemento antes de amasarse, desde 0 a 20 días. Las cifras de resistencia a la tracción en las briquetas de mortero de arena standard 1 : 3, conservadas en agua por 2, 6 y 27 días, después de un día de conservación al aire húmedo, están registradas en la tabla 2 (pág. 416). La resistencia de las briquetas preparadas con cemento que tenía 122° C antes de agregar la arena y el agua, fué inferior a la obtenida con cemento a 15° C, y varió desde una reducción de 21% a los tres días, hasta 16.5% a los 28 días. Pero todo el cemento se ajustó, sin embargo, a las prescripciones de los British Engineering Standards.

Las resistencias a la compresión del hormigón preparado con cemento de distintas temperaturas se indican en la tabla 4 (pág. 418), probando que en la mezcla de 1 : 2 : 4, en que la dosis de cemento es relativamente reducida,

no hay efecto aparente sobre la resistencia, lo que probablemente se debe a la rápida disipación del calor en el agregado y el agua. Se empleó una probeta cilíndrica a la compresión, de 20 cm. por 10 cm. de diámetro. Los esfuerzos a la compresión, determinados con esta probeta, han probado, mediante experimentos realizados en la Estación de investigación sobre construcciones, ser aproximadamente un 75% del esfuerzo a la compresión, obtenido en una probeta de forma cúbica (forma empleada en muchos laboratorios). La resistencia correspondiente de un cubo sería, por lo tanto, aproximadamente un 30% superior a la registrada en la tabla 4 (pág. 418).

Los análisis estadísticos de ensayos de resistencia, incluídos en las tablas 2 y 3 muestran que puede atribuirse un significado bien definido a las pequeñas variaciones de resistencia en muestras amasadas dentro de las 18 horas de su molturación. Estas variaciones son, sin embargo, pequeñas, representando un máximo de 10% de disminución de la resistencia de los morteros, y en cambio, un aumento de resistencia en el hormigón. Las diferencias en la resistencia de muestras amasadas a fechas posteriores después de la molturación no tienen importancia. En general, puede afirmarse que los efectos de usar cemento " caliente " en condiciones similares a las que se encontrarán en la obra, no revisten importancia.

El 23 de julio de 1929 se hizo el revestimiento de hormigón de una sección de carretera, en presencia de un representante de la Estación de investigación sobre construcciones. Esta sección tenía aproximadamente una superficie de 6.5 m^2, y estaba situada al lado de uno de los andenes, donde había de estar sujeta a un desgaste muy pronunciado. El espesor total de la capa era de 19 cm. Los 12.5 cm. del fondo estaban compuestos de una mezcla, en la proporción de 1.5 partes de cemento Portland, 2.5 partes de grava y 2 partes de ladrillo machacado. La mezcla era muy consistente, y requirió gran dosis de apisonado. La capa superior, de un espesor de 6 cm., fué dosificada a razón de 1 parte de cemento Portland, 1 parte de cascote machacado (de 1 cm. para abajo) y 1.5 partes de grava. Se agregó la cantidad de agua necesaria para que la mezcla diera una consistencia que se aproximara a un desbordamiento de 10 a 12.5 cm.

La temperatura del cemento empleado era de 115° C cuando se vació sobre la tarima de amasado. Las temperaturas de una palada del hormigón usado para la superficie superior fueron las siguientes:

Temperatura del cemento	115° C
Temperatura del agua	22° C
Temperatura del cemento y de los ingredientes mezclados en seco	40° C
Temperatura del cemento y de los ingredientes mezclados húmedos	32° C

Estas cifras corresponden al hormigón empleado para toda la superficie de la losa citada.

Al cabo de dos días se autorizó el tránsito encima de dicha porción, y entre tanto, se mantuvo húmedo el hormigón. Después de once semanas de uso continuo, fué inspeccionado el hormigón por un representante de la Estación de investigación sobre construcciones. El hormigón estaba en excelentes condiciones, no advirtiéndose grietas, ni señal ninguna de disgregación.

La tabla 2 (pág. 416) muestra el tiempo de fraguado del cemento caliente. La columna 1 da la edad del cemento ensayado. La columna 2 da las condiciones de la conservación (los ensayos a los 30 minutos se realizaron sobre cemento recién sacado del molino, en la fábrica misma; los ensayos a 18 horas, 3 días, 8 días y 20 días, se hicieron sobre cemento conservado en un frasco termos y ensayado en la Estación de investigación sobre construcciones; los ensayos a 14 días se hicieron sobre cemento aireado durante 14 días en capas

de 7½ cm., y ensayado en la Estación de investigación sobre construcciones). La columna 3 da la temperatura del cemento antes de agregar el agua de amasado. La columna 4 da la temperatura de la pasta de cemento al tiempo de moldearla. La columna 5 indica la cantidad de agua de amasado empleada, en tanto por ciento del material seco (para producir una consistencia representada por una penetración de 5 mm. de la varilla de Vicat, y correspondiente a un desbordamiento de 12.5 cm. sobre el tablero de fluidez). La columna 6 da el principio de fraguado. La columna 7 da el final del fraguado.

La tabla 3 (pág. 417) muestra la resistencia a la tracción de morteros de arena preparados con cemento caliente. La columna 1 da la edad del cemento. La columna 2, las condiciones de conservación: (*a*) cemento recién sacado del molino; (*b*), (*c*), (*d*) y (*e*), cemento conservado en un recipiente cerrado herméticamente al aire; (*f*) cemento aireado durante 14 días en capas de 7½ cm. La columna 3 da la temperatura del cemento antes del amasado. La columna 4 indica la temperatura del mortero al tiempo de efectuar el moldeado. La columna 5 da la dosis de agua de amasado, en tanto por ciento del cemento. Esta serie de ensayos se realizó en la fábrica de cemento, y todas los restantes ensayos se efectuaron en la Estación de investigación sobre construcciones. § = promedio.

La tabla 4 (pág. 418) muestra la resistencia a la compresión de un mortero 1 : 2 : 4, preparado con cemento caliente. Detalles del amasado: una parte en peso de cemento, dos partes en peso de arena fina especial lavada, que atraviese el tamiz de 6 mm., cuatro partes en peso de cascote machacado lavado, de un tamaño comprendido entre 18 mm. y 6 mm. La cantidad de agua de amasado agregada fué la suficiente para producir una mezcla de consistencia representada por un desbordamiento de 2.5 cm. La columna 1 da la edad del cemento; la columna 2, las condiciones de conservación (cada vez en recipientes herméticamente cerrados al aire); la columna 3 da la temperatura del cemento antes del amasado; la columna 4 da la temperatura del mortero al tiempo de efectuar el moldeado; la columna 5 da la cantidad de agua de amasado, en tanto por ciento del cemento; la columna 6 da la resistencia a la compresión, en libras (inglesas) por pulgada cuadrada, a 3, 7 y 28 días. § = promedio.

El horno rotatorio en la fabricación del cemento.—II.

por W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

En el curso de la práctica de su profesión, el que suscribe ha inspeccionado el ensayo de hornos rotatorios para determinar el consumo de combustible y la producción en 19 fábricas diferentes. Con el transcurso del tiempo, se ha elaborado un sistema de procedimiento. Ahora se propone describir en líneas generales el método de realizar las más importantes mediciones necesarias, y luego dar detalles de un ensayo a título de ejemplo. Se calculará el balance térmico, y se indicará le economía de carbón posible para ese caso particular.

Duración del ensayo.—El ensayo de un horno rotatorio dura ordinariamente una semana. El período necesario depende, en parte, de la cantidad de carbón

Para las figs. 1-7, véase el número de enero.

existente en las distintas tolvas, y en el secador de carbón y máquinas molturadoras, que debe calcularse al principio y al fin de cada ensayo. Un plazo demasiado corto ocasionaría errores, procedentes de la estimación, relativamente considerables. El régimen de producción del horno también varía diariamente dentro de cierta escala, a causa, tal vez, de la formación de un anillo de clinker, de pequeños paros, ligeras alteraciones de la dosis de humedad y composición de la pasta, o de no estar suficientemente seco el polvo de carbón.

De aquí que, para resultar un ejemplo típico, un ensayo deba extenderse a un período de varios días. También hace falta tiempo, para que un ingeniero investigador, no acostumbrado previamente a la marcha de una fábrica, pueda abarcar con facilidad la marcha del horno, con su maquinaria de desecación del carbón y molturación anexas, en todos sus detalles.

Medición del carbón en bruto.—Hasta el presente, en Inglaterra no se ha adoptado universalmente el uso de máquinas pesadoras automáticas del carbón en las fábricas de cemento. La Dirección conoce aproximadamente el peso del carbón adquirido y el peso del cemento vendido, y semestralmente suele obtenerse la relacion entre ambas, haciendo los debidos descuentos de las existencias.

El carbón en bruto suele llegar a las fábricas: (*a*) en vagones de ferrocarril; (*b*) en barcazas.

Carbón que llega por ferrocarril.—Si la fábrica tiene una báscula-puente suficientemente grande para admitir un vagón cargado entero, el problema resulta bastante sencillo, ya que los vagones empleados durante el ensayo pueden pesarse llenos y luego vacíos, estableciéndose el debido registro. De no ser así, a veces resulta posible pesar los vagones en la báscula-puente de la más próxima estación del ferrocarril.

Si no se dispone de una báscula-puente, a menudo es posible descargar el carbón directamente desde los vagones del ferrocarril en carretillas de mano. Entonces se pesa el carbón, en partidas de 125 kgs. cada una, sobre una báscula de plataforma. Resulta conveniente fabricar las carretillas de modo que vacías tengan exactamente el mismo peso, y que siendo todas de igual cabida, se queda pesar cada vez precisamente 125 kgs., por ejemplo; ésto simplifica los cálculos.

En una fábrica de un solo horno, de 60 m. de largo, será necesario pesar unas 350 toneladas de carbón en 7 días, o 168 horas, y duplicar dicha cantidad para una fábrica de 2 hornos.

Carbón en barcazas.—Los arribos en barcazas suelen ser intermitentes y en cantidades relativamente grandes. El carbón se deposita, a menudo, en almacenes o cobertizos de suelo plano. Desde ellos puede pesarse en lotes de 100 kgs., en carretillas, como se ha descrito anteriormente. La práctica demuestra que no siempre se puede confiar en que los hombres que acarrean el carbón lleven invariablemente el peso exacto, o registren con precisión el número de carretillas pesadas; de ahí que suela ser necesario disponer tres empleados ayudantes, uno para cada turno de 8 horas, que inspeccionen la operación del pesaje del carbón.

Métodos especiales de medición del carbón.—Si, como sucede a menudo, la instalación de desecación y molturación del carbón crudo sirve para más de un horno, dichos hornos tienen que ser ensayados como si fueran una sola máquina. En determinados casos, sin embargo, el autor ha ensayado un horno perteneciente a un grupo, pesando el carbón pulverizado seco en una tolva de plancha delgada de acero, en la que cabían unos 225 kgs., montada sobre una báscula de plataforma. El peso se leía sobre un cuadrante de gran diámetro, asegurando así la facilidad y rapidez de la medida. Fué necesario instalar un

elevador y dos transportadores adicionales para llenar y vaciar la tolva, y disponer las válvulas de admisión y de descarga adecuadas. Se hicieron acoplamientos elásticos a la entrada y a la salida, y el aparato se hizo herméticamente cerrado al polvo durante su funcionamiento.

Otro método adoptado a veces para medir el peso del carbón pulverizado suministrado a un solo horno, es el de registrar el número de revoluciones de los tornillos alimentadores en la base de la tolva situada en la plataforma del calcinador, y obtener una cifra, mediante mediciones adecuadas, del peso del carbón en polvo descargado por cada revolución de cada uno de los tornillos alimentadores. Volveremos a aludir a este método en un ensayo que se describirá. Solamente debiera emplearse cuando no es posible una medición directa del carbón bruto consumido.

Humedad del carbón bruto.—La dosis de humedad del carbón bruto debiera determinarse al pesarlo. Si el carbón se pesa en carretillas, se toma una pequeña muestra de cada carretilla, colocándola en un receptáculo tapado. La cantidad obtenida por cada turno de 8 horas se mezcla debidamente, y se divide en cuatro partes, y finalmente, se hacen con ella dos determinaciones de humedad. Para el carbón que llega en vagones de ferrocarril, suele resultar conveniente extraer muestras de determinada medida a intervalos regulares durante la descarga del transportador, que lo vierte en la tolva de carbón bruto situada sobre el secador de carbón.

Humedad del carbón desecado.—La humedad del carbón desecado es necesario conocerla a fin de averiguar el rendimiento del secador de carbón. A cada hora se extrae una pequeña muestra del carbón que sale del secador, colocándola en un silo tapado. El contenido se mezcla y divide en cuatro porciones cada ocho horas, haciéndose dos determinaciones de humedad del conjunto de la muestra.

Poder calorífico y humedad del carbón pulverizado.—Es relativamente fácil obtener una muestra típica del carbón pulverizado para calcular su poder calorífico, extrayendo cada hora una pequeña medida del carbón, a medida que va entrando en el tubo del mechero del carbón. Las muestras obtenidas en cada turno de ocho horas son mezcladas y divididas en cuatro partes, haciendo dos determinaciones del poder calorífico y de la humedad sobre el conjunto de la muestra. Por regla general, la humedad del carbón pulverizado es algo menor que la del carbón que sale del secador, ya que alguna cantidad de la misma se pierde durante la molturación.

Finura de molturación del carbón.—Se extrajeron muestras cada hora del carbón que salía del molino, ensayándolas para averiguar el residuo sobre los tamices de 4900 y 1600 mallas por cm^2.

Medición del clinker.

En muchas fábricas, el clinker se vierte directamente desde el extremo del enfriador en vagonetas de vía de 50.8 ó 60.96 cms., de una cabida de 1 a 1.5 t. Se pesan entonces estas vagonetas sobre una báscula puente de plataforma, y luego se vacían, bien en la instalación molturadora, bien en el montón donde se almacena. Generalmente, es necesario contrastar la máquina pesadora con pesos tipo (de 25 kgs.), asegurándose de que en cada turno haya un empleado adecuado para inspeccionar el pesaje y registrar los resultados.

Pesador rotatorio.—En otras fábricas se ha puesto en uso un pesador rotatorio, cuyo diagrama está reproducido en la fig. 8 (pág. 421), suministrándose una tabla de referencia. Puede disponerse una pequeña tolva, adecuada para la alimentación de clinker en el tambor.

Al llegar el contenido de un cuadrante al peso debido, el tambor se hunde, este movimiento suelta los topes G de las piezas de detención F, y el tambor,

perdiendo su equilibrio, gira, descargando el clinker pesado. Tan pronto como el clinker empieza a salir del cuadrante, las pesas de la palanca C restablecen el tambor a su nivel primitivo, y el mecanismo automático de parada impide que el tambor gire más de $\frac{1}{4}$ de revolución. El tambor se mantiene en posición durante el llenado, mediante la palanca H, controlada por resorte.

Lo vertido por cada cuadrante no es siempre uniforme, y durante un ensayo, el pesaje debe contrastarse a intervalos regulares, recogiendo lo vertido por cada cuadrante en un receptáculo a propósito, y pesando el contenido en una báscula de plataforma. En cierta fábrica, la descarga promedia de los cuatro cuadrantes fué de 105.24 kgs. por cuadrante, la descarga máxima registrada fué de 109.77 kgs., y la mínima, de 99.79 kgs. En otra fábrica, el pesador rotatorio fué constrastado dos veces al dia durante toda una semana, estando numerado cada cuadrante. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Cuadrante No.	Peso máximo registrado kgs.	Peso mínimo registrado kgs.	Promedio de todas las pesadas kgs.
I	46.04	41.19	42.87
II ...	43.15	39.69	42.00
III ...	43.68	38.87	41.23
IV ...	42.09	39.69	40.73

El funcionamiento de esta máquna es seguro, ya que puede pesar continuamente, sin requerir casi ninguna atención. No obstante, a los efectos de los ensayos, será preferible una máquina de plataforma.

Análisis de los gases de salida.

La composición de los gases de salida se determina a fin de mantener dentro de límites adecuados el exceso de aire (entre un 2.5 y un 7.5%). A este objeto, lo único que se necesita conocer es la dosis de oxígeno presente.

Los gases suelen recogerse en una tubería de un diámetro de 6 mm., que penetra unos 60 cm. al extremo de salida del horno. Para apoyarse, dicha tubería puede pasar por el interior de otra tubería de 30 mm. de diámetro, que descansa sobre un carril adecuado, fijado cerca del extremo del horno. La tubería de 6 mm. se atasca fácilmente con la pasta arrastrada hasta su boca por los gases, por lo tanto, ha de ser fácil de retirar, con objeto de limpiarla. En la mayoría de los ensayos de hornos, se empleó un aparato Orsat, y se realizaron, por lo regular, cuatro determinaciones del CO_2 y del O_2 por hora durante el día. Hubiera sido preferible que las anotaciones hubiesen sido continuas durante las 24 horas, pero ésto no pudo hacerse, por la escasez de personal.

Registrador del oxígeno.—Ya que el análisis de los gases de escape es una medición importante, sería ventajoso mantener un registro continuo del mismo, y por consiguiente, en algunas fábricas se ensayó un aparato registrador del oxígeno. El instrumento resulta basante costoso de instalar debidamente, siendo el gasto desproporcionado cuando solamente se requiere por un corto plazo. El gas entra en el aparato, es medido, y expelido por la acción del agua aspirada de un depósito, situado a unos 1.5 m. por encima del instrumento. El agente absorbente es el fósforo. La dosis de O_2 del gas se registra en un gráfico accionado por un aparato de relojería, pudiéndose obtener unas 15 anotaciones por hora.

El agua de que se dispone en las fábricas de cemento contiene, a menudo, sedimentos, barro u otras materias extrañas, cuando se halla cerca del extremo superior del horno. Se descubrió que una válvula de retención de un diáme-

tro de 25 mm., bajo una carga de 1.52 m., suministraba toda el agua necesaria, estando abierta menos de 0.1 mm., y ocurrían frecuentemente paros, debidos al atascamiento de dicho orificio. Últimamente, se suministró el agua al aparato por medio de boquillas de un diámetro de 3 mm.; que trabajaban con una carga de 10 cm., y se rodeó cada boquilla con un tamiz circular de tela metálica, de 140 mallas por cm^2. Trabajando continuamente, el gas no se enfriaba bastante antes de llegar al instrumento, de modo que se dispuso un pequeño condensador, con tubos de latón de 6 mm. Cuando era necesario colocar el registrador a alguna distancia del extremo del horno, se tropezaba con grandes dificultades para cerrar en forma completamente hermética al aire las juntas de la tubería de hierro para el gas.

La tubería de aspiración al extremo del horno tenía que mantenerse limpia de pasta seca, y a menudo, el gráfico del registrador no revelaba si la tubería estaba atascada o no, porque el instrumento podía continuar registrando. En último término se encontró conveniente mantener una comprobación continua de las anotaciones del registrador de oxígeno, por medio del aparato de Orsat, y en tales circunstancias, se consideró suficiente emplear el aparato de Orsat solo.

En una o dos fábricas, sin embargo, se obtuvo alguna información útil comparando los gráficos del registrador de O_2 con los gráficos tomados en un registrador de velocidades, accionado por el eje de los tornillos de alimentación del carbón en polvo. Los hornos rotatorios suelen funcionar en condiciones de suministro continuo de aire, y de ello se deduce que la dosis de O_2 presente en los gases de salida, dependerá de la proporción en que el carbón sea introducido dentro del horno. De ahí que, si el aumento de velocidad de los tornillos alimentadores de carbón no era seguido de una reducción correspondiente de la dosis de O_2 en los gases de salida, se suponía que el carbón en polvo estaba deteniéndose en la tolva, y recíprocamente, cualquier exceso de afluencia de carbón en polvo en los tornillos alimentadores podía ser advertido y medido de la misma manera.

En último término, se obtuvo una información similar en cada fábrica contando el número de revoluciones por minuto de los tornillos alimentadores de carbón, durante el tiempo que se extraía gas del extremo del horno, con objeto de analizarlo mediante el aparato de Orsat.

El autor considera, sin embargo, que para su uso continuo, un registrador dé O_2 cuidadosamente instalado e inspeccionado, suministraría datos muy valiosos en muchas fábricas de cemento.

Mediciones de la temperatura.

Las mediciones más importantes se realizaron mediante termo-pares de cobre constantan, encerrados en vainas de acero. Se usaron conjuntamente con registradores de filamento (cuádruple, doble y sencillo) y un indicador portátil. Las temperaturas inferiores a 175° C, si no se deseaba un registro continuo, se tomaban, siempre que era necesario, con mercurio, en termómetros de vidrio.

Gases de salida del horno.—El pirómetro para los gases de salida del horno no debiera colocarse a más de 15 cm. de distancia del extremo exterior del horno, enfrente del centro de la abertura, a cada lado de la tubería de pasta, alternativamente. Ésto da una lectura promedia que es suficiente para la marcha corriente del trabajo. Si el extremo del pirómetro puede " ver " la superficie húmeda y relativamente fría de la pasta del extremo del horno, la

lectura podrá resultar algo baja. El alcance del error se está investigando actualmente.

Entre el extremo del horno y la base de la chimenea, la temperatura de los gases de escape decrece rápidamente, debido a las infiltraciones de aire frío en los conductos de humos. De ahí que también se observara la temperatura en la base de la chimenea.

Pirómetro para la temperatura de la superficie.—Para medir la temperatura superficial de la cubierta del horno y de la del enfriador, en distintas posiciones, anteriormente al cálculo de la pérdida por radiación, se empleó el tipo de pirómetro indicado en la fig. 9 (pág. 424). Los alambres de cobre y constantan, que formaban el par termo-eléctrico, se empotraron para formar la soldadura caliente, en un disco de cobre de un diámetro de 15 mm. y de un grueso de $2\frac{1}{2}$ mm. La vaina del pirómetro se desnudó en la forma indicada, y el extremo abierto se cerró con empaquetadura de asbesto. El resto de la vaina era del modelo corriente. Para obtener la lectura de la temperatura superficial, se paró el horno durante unos 30 segundos, y se aplicó el disco de cobre contra la cubierta, limpiando previamente todo polvo, suciedad u oxidación. El disco de cobre se calentaba por su cara anterior, por conducción, y se enfriaba por su cara posterior, por radiación y convección, pero, realizando el debido contacto con la cubierta del horno, es probable que el error no excedería de uno o dos grados. Tan pronto como la anotación del indicador se hace constante, debe moverse el disco unos 5 cm. a lo largo de la cubierta, y generalmente, se obtendrá una indicación ligeramente superior. Para estas observaciones, es conveniente disponer de un sistema de conductores compensadores, de unos 9 m. de largo. El método de cálculo, basado en las mediciones de la temperatura en la cubierta, para deducir la radiación del horno y del enfriador, se describirá más adelante.

Pirómetro de aire caliente.—No se puede, en la práctica, medir la temperatura del aire que entra en el horno, procedente del enfriador, por medio de un porómetro ordinario, insertado en la base de la caperuza del horno, porque la radiación del clinker que cae y de las superficies calientes de los refractarios adyacentes, hace que la temperatura registrada sea demasiado elevada. Un efecto similar puede observarse sosteniendo un termómetro de mercurio próximo a un hogar corriente; se registrará una temperatura muy elevada, debido al calor irradiado por el fuego, aunque el aire que entre en la parrilla esté, aproximadamente, a la temperatura de la habitación.

Después de muchos experimentos, el método finalmente adoptado fué extraer, por medio de una bomba, una pequeña cantidad de aire caliente del tubo de caída del clinker, o de la base de la caperuza del horno, y medir su temperatura cuando el efecto del calor radiante ya estaba eliminado. Esta disposición se ve en la fig. 10 (pág. 424), en la que el aire caliente que sale del enfriador se extrae de la base de la caperuza del horno. La temperatura medida está comprendida, habitualmente, entre los 300 y 425° C.

En la posición en que se usa el pirómetro, la temperatura registrada será demasiado baja, si no se toman medidas para evitar la radiación a la atmósfera desde la superficie que rodea próximamente el par termo-eléctrico. Cada tubo del dispositivo del manguito múltiple se calienta por convección, a causa de la circulación inducida, pero el calor de esta manera comunicado debe ser radiado de un tubo a otro, y finalmente, todo él por la superficie externa del tubo exterior. De ahí que, montando un número suficiente de tubos, el error debido a la pérdida por radiación pueda quedar limitado a $\frac{1}{2}$ ó 1° C. Generalmente, se obtiene una lectura constante del indicador, después de haber hecho funcionar el extractor durante unos seis a siete minutos.

Mediciones del aire.

Las mediciones de aire necessarias son, generalmente, la cantidad de aire que entra en el horno por: (*a*) la tubería del mechero de carbón; (*b*) el conducto de descarga del clinker; (*c*) el escape por el anillo de cierre; (*d*) las tuberías o puertas de aire caliente.

En muchas fábricas, hay un sistema de tuberías, por cuyo medio se suministra aire caliente, a los efectos de la desecación, desde el enfriador al secador de carbón, o bien puede emplearse un hogar aparte. El aire caliente suele hacerse pasar, tanto por la parte exterior de la cubierta del secador como por su interior. A menudo, es necesario medir la velocidad del caudal de aire caliente en tuberías o pasos de la índole descrita.

Observaciones generales sobre la circulación de aire.—Supongamos que tenemos una tubería o conducto (A, fig. 11, pág. 424), a través de la cual corre el aire uniformemente, en el sentido de la flecha, e insertemos tubos de latón con extremos de la forma debida, conectándolos con un tubo en U, de nivel de agua, D. Los extremos del tubo se ven en una escala mayor en la fig. 12 (pág. 426). El tubo B, que termina en un disco o arandela de latón, paralelo a la dirección de la corriente de aire, transmitirá al nivel de agua D la presión estática, o compresión del aire El tubo C, que tiene un extremo acodado, que da frente a la corriente de aire, transmitirá, además de la presión estática, la presión debida a la velocidad del aire en el tubo A. De ahí que, el nivel de agua D, que mide la diferencia entre las presiones de los dos tubos, indicará la presión (o altura de carga), debida solamente a la velocidad. El disco de latón al extremo del tubo B ha demostrado ser necesario y suficiente para impedir la indicación inexacta de la presión estática que produciría la acción inductiva.

La disposición de colocar el tubo acodado C, de frente en la fig. 11 (pág. 424), fué introducida por Pitot, y el disco al extremo del tubo estático B, por Darcy, pero en honor de la brevedad, designaremos con el nombre de tubos de Pitot, en este artículo, cualquier combinación de tubos para la medición del aire.

La medición, en centímetros de agua, de la presión debida a la velocidad del aire, es lo que comúnmente hace falta en la práctica; con este dato puede calcularse en la forma que vamos a describir, la cantidad de aquéllo que circula por un conducto o tubo. Se ha visto, sin embargo, que hace falta una forma especial y más perfeccionada del nivel de agua D, porque muchas de las observaciones hechas no exceden de 5 mm. de columna de agua.

En la fig. 12 (pág. 426) se muestra una disposición de tubos de Pitot, adecuada para la medida de la velocidad del aire en el tubo de descarga de clinker de un horno rotatorio. Como los tubos están sometidos a una alta temperatura, no son admisibles las soldaduras de latón, de ahí que se emplee una forma de construcción muy sencilla, sin orificios pequeños que puedan atascarse por el polvo, que siempre abunda en la descarga del clinker. La longitud total de los tubos vendrá a ser de unos 1.25 m., empleándose tres sujetadores.

Para enfriar con aire frío, libre de polvo, el Laboratorio Físico Nacional Inglés ha ideado uns disposición más concentrada de los tubos de Pitot.

En la fig. 13 (pág. 427) se ve un sólido modelo, variante del tipo anterior, adecuado para su uso en las fábricas de cemento. La presión total se mide por el tubo interno A, que está dispuesto de modo que puede en frente de la corriente de aire, al paso que la presión estátaca se observa por medio de los agujeritos perforados en el tubo externo B. El tubo A, y el espacio

entre los dos tubos, están conectados separadamente, uno a cada rama del nivel de agua, mediante tubos de caucho que se adaptan en las terminales C y D. Las juntas están soldadas (no con soldadura amarilla), de modo que resistan la inmersión en el aire o en los gases calentados hasta 450° ó 500°C. La disposición de tubos de Pitot de la fig. 12 (pág. 426), se usa, generalmente, para las mediciones de aire en los conductos de ladrillo, ya que puede hacerse de la longitud que convenga. La forma reproducida en la fig. 13 (pág. 427) se usa para las tuberías y chimeneas de plancha de acero.

Nivel de agua ajustable.—La presión, medida en columna de agua, que produce la velocidad del aire en los distintos tubos y chimeneas de una fábrica provista de hornos rotatorios (excepto la tubería del mechero del carbón), acostumbra a escalonarse entre 2 cm. y 0.025 cm., o menos, y la forma especial de nivel de agua empleado, está reproducida en las figs. 14, 15 y 16 (pág. 428). Se acompaña una tabla de referencias. En principio, el aparato es un nivel de agua corriente, de tubo en U, consistiendo las modificaciones en que se emplea un microscopio para observar el nivel de agua en una de las ramas, y una disposición micrométrica, adaptada al microscopio, para medir el desplazamiento del nivel de agua, cuando se ha de hacer una observación. Los recipientes de vidrio A_1 y A_2, junto con el tubo conectador B, vienen a constituir el tubo en U corriente.

Se verá que el marco superior de hierro que sostiene los recipientes de vidrio está apoyado en tres puntos. Sobre los apoyos descansan unos vaciados de poca profundidad, de forma cónica ligeramente truncada o aplanada en el vértice, que permiten, así, un pequeño grado de libertad en sentido lateral. Los marcos superior e inferior están mantenidos uno con otro por el resorte K.

Para conectar los tubos de Pitot, emplazados en la tubería o conducto con el nivel de agua, se emplean dos trozos de tubo de presión de caucho fuerte, de 6 mm. de diámetro y unos 6 m. de largo. Los extremos del tubo de presión se adaptan a las conexiones de comunicación Q_1 y Q_2, que se ven de la fig. 15 (pág. 428). Por medio de agujeros taladrados en la pieza de fundición F, y de los tubos ligeros de caucho P_1 y P_2, se establece una comunicación adecuada con los dos recipientes de vidrio A_1 y A_2. De esta manera, el esfuerzo de tracción de los dos tubos largos de caucho carga directamente sobre el trípode, y no sobre los recipientes de vidrio.

Para efectuar una observación, el trípode se coloca en posición conveniente, quitando los enchufes Q_1 y Q_2. El nivel del microscopio se ajusta, aproximadamente, sobre el soporte M, y la rueda H se hace girar hasta que el nivel de agua en el tubo A_2 aparezca exactamente tangencial al hilo horizontal del reticulo del microscopio. Se anota entonces la indicación del micrómetro. El nivel de agua, con la iluminación adecuada, aparece en el microscopio como una línea indefinida, curva e invertida, cuando se mira en L, y su posición puede registrarse con gran precisión merced al hilo horizontal del retículo del microscopio. Ésta es una de las principales ventajas del aparato. Manteniendo los tubos de Pitot en la posición debida en la tubería o conducto, se conectan, entonces, los enchufes Q_1 y Q_2, y, suponiendo que el tubo de velocidad se conecta a Q_1, el nivel de agua en el recipiente de vidrio A_1 descenderá, y ascenderá el nivel de agua en A_2. El tubo de vidrio A_2 se hace subir, ahora, por medio de la rueda H, y el agua pasa, desde A_2 a A_1. A causa de la posición de los soportes G_1 y G_2, el nivel del recipiente de vidrio A_1 no se altera. El movimiento de la rueda continúa hasta que la superficie del agua en A_2 vuelva a ser tangencial al hilo horizontal del retículo del microscopio. Se toma entonces una nueva indicación de la rueda micrométrica. La posición del agua en cada uno de los recipientes A_1 y A_2, por lo

que respecta al nivel medio, es exactamente la misma de antes de conectar las comunicaciones Q_1 y Q_2, y la verdadera altura de carga de agua, que equilibra la velocidad que se quiere determinar, queda medida por el desplazamiento de la rueda H, que fué preciso para volver a enrasar. Sin embargo, no estando el eje de la rueda H precisamente en la misma línea del centro del recipiente de vidrio A_2, todas las indicaciones han de multiplicarse por una constante adecuada, que en este caso es

$$\frac{14}{13.125}$$ (fig. 14, pág. 428).

Para permitir ver claramente el nivel de agua a través del microscopio, suele disponerse un espejo, a fin de concentrar la luz allí donde hiciera falta, pero para uso en las fábricas de cemento, en el interior de los edificios en que la luz del día es escasa, el autor encuentra generalmente preferible colgar una luz eléctrica portátil a corta distancia del microscopio, precisamente en la misma línea del rayo visual.

Un modelo muy fino de nivel de agua ajustable, montado sobre tres tornillos niveladores, ha sido muy empleado por el Laboratorio Físico Nacional de Inglaterra, y el modelo mucho más sólido (montado sobre un trípode) de los grabados de este artículo, está basado en dicho aparato. Se construyó bajo la dirección del autor, para uso en las fábricas de cemento.

Fig. 8 (pág. 421), Pesador rotatorio del clinker: A, tambor rotatorio; B, palancas laterales que llevan los soportes del tambor y la arista de cuchilla; C, palanca central que lleva las pesas; D, barra de distancia; E, estructura fija de la máquina; F, dispositivos de retención empernados a cada marco lateral; G, cuatro topes en cada placa terminal del tambor; H, palanca con registro de resorte; I, placa de guarda; J, contador reversible. Fig. 9 (pág. 424), Pirómetro para la temperatura de superficies. Fig. 10 (pág. 424), Pirómetro de aire caliente: A, vaina del pirómetro con cabeza de porcelana y tres aletas de soporte; B, par termo-eléctrico de cobre-constantan; C, tres alambres de soporte para el par; D, cuatro tubos de acero pulimentado, separados uno de otro, y fijos al tubo exterior E; E, tubo exterior de acero; F, conexión con el ventilador aspirador accionado a mano; G, tubo empotrado en la base de la caperuza del horno; H, anillo de empaquetadura de amianto; I, anillo de sección angular, fijo al tubo E. Fig. 11 (pág. 424), Diagrama de la corriente de aire en un tubo. Fig. 12 (pág. 426), Tubos de Pitot para la descarga de clinker. Fig. 13 (pág. 427), Tubo de Pitot, modelo fuerte Laboratorio Físico Nacional.

(*Continuará.*)

Modo de conducirse del cemento, de los agregados inertes y del hormigón a elevadas temperaturas.*

por el Dr. RICARDO GRÜN y el Dr. HUGO BECKMANN (Düsseldorf).

A CONSECUENCIA de las dimensiones cada vez mayores de las construcciones modernas, especialmente en lo que a su altura se refiere, adquieren también importancia creciente las medidas de seguridad contra el incendio, así como la resistencia del hormigón contra la acción del fuego, ya que, al aumentar la

* Conferencia dada en la 8ª sesión plenaria de la Comisión para el aprovechamiento de las escorias de los altos hornos, de la Asociación de Metalúrgicos alemanes, en Düsseldorf, el 19-11-1929.

altura de las edificaciones, las cargas a la compresión que actúan sobre los elementos de sustentación crecen constantemente, debiéndose exigir a tales elementos sustentadores (los de los rascacielos, por ejemplo) la capacidad de resistir, incluso durante horas enteras, la acción del fuego, sin romperse bajo la acción de la carga que les impone el edificio que sobre ellos gravita, porque en el caso de ceder los apoyos de un edificio de gran altura, por ejemplo, a causa de haberse iniciado un incendio en su primer piso, se tendrían que lamentar daños incalculables. En la práctica, las construcciones de hormigón han presentado una gran resistencia al fuego en los casos de incendios, dando resultados mucho más satisfactorios que construcciones de hierro de análoga importancia.

Asimismo, casetas de ensayo, sometidas a la acción del calor, han dado, por lo general, resultados sorprendentemente buenos. En el laboratorio se ha estudiado, mediante numerosos y circunstanciados trabajos, la mayor o menor conveniencia de diversos materiales inertes para servir de agregados, en atención a la estabilidad de volumen. Lo mismo se ha hecho para poner bien en claro lo relativo a las variaciones de volumen del cemento ya fraguado.

Han sido pocos, sin embargo, los estudios sistemáticos realizados acerca de la influencia de la acción del fuego en la resistencia a la compresión del hormigón. Para ello se prepararon hormigones y morteros con gran número de cementos diferentes y de distintos agregados inertes; se los expuso a temperaturas progresivamente crecientes; y finalmente, se determinó la resistencia a la compresión, tanto de los hormigones desmoronados, como de los que habían resistido la prueba. A continuación reseñaremos, en primer lugar, los resultados de los ensayos ya realizados; luego diremos algo acerca de los resultados de las nuevas investigaciones que se efectúan en el Instituto de Investigación. Como el hormigón se compone, en primer término, de cemento, y luego de agregados inertes, trataremos primero del modo cómo se conducen los cementos, a continuación los agregados inertes sin cemento (o sean las piedras solas), y finalmente, el modo de conducirse de los hormigones completos.

La discusión comprenderá: 1°, el modo de conducirse desde el punto de vista químico, viendo en primer término: (*a*) la pérdida de agua en función de las elevaciones de temperatura y de la duración de la acción del calor; y después, (*b*) la pérdida de anhídrido carbónico en cada caso.

2°, el modo de conducirse desde el punto de vista físico, a saber: (*a*) variación de volumen; y (*b*) cambios en las resistencias.

Cemento.—La pérdida de agua del cemento ya fraguado, que, según se sabe, puede retener, cuando está puro, hasta un 25 o un 28% de agua, depende, en primer lugar, de la elevación de la temperatura que se alcance en el calentamiento a que se someta el material; depende, además, como es natural, del tiempo que actúen las temperaturas en cuestión. Endell ha realizado ensayos muy concienzudos sobre esta materia, determinando en ellos las pérdidas al fuego de los cementos Portland a diversas temperaturas, así como, también, su dilatación lineal producida por efecto del calor.

El curso o trazado de las curvas de la fig. 1 (pág. 431) indica que la pérdida al fuego de los cementos Portland endurecidos, cuando se les somete a la acción del calor durante una hora, depende de la elevación de la temperatura alcanzada, y que, alrededor de 1000° la deshidratación y descarbonatación logradas son ya completas.

Es sorprendente que, hasta unos 300°, la pérdida de agua de los cementos Portland W_1, W_2, W_3, W_4, crece rápidamente, y en cambio, luego, hasta 500°, no se produce ninguna alteración. Esta circunstancia, que Endell no menciona, parece indicar que parte del agua es eliminada en el calentamiento hasta 300°, después de lo cual, ya no tiene lugar modificación alguna hasta rebasar los 500°.

El trazado de las curvas del calentamiento uniforme del cemento Portland fraguado, y del hidrato calcico, representa el de las curvas obtenidas también

por Endell en los trabajos ya mencionados (fig. 2, pág. 431). Se marcan en ellas con claridad y precisión puntos de detención a 530°, que permiten suponer que a esa temperatura se produce una eliminación de agua, de mayor viveza o intensidad, en el cemento Portland, teniendo lugar, en consecuencia, una alteración o modificación esencial en su estructura.

Hasta la fecha se desconoce hasta qué punto la pérdida de anhídrido carbónico acompaña a las pérdidas de agua en el cemento Portland. Las investigaciones hasta ahora realizadas se limitan, tan sólo, a fijar la posición de los puntos de detención y de las pérdidas al fuego. En cambio, existen cifras relativas al modo de conducirse físicamente los cementos Portland puros una vez fraguados, puesto que Endell midió la contracción y dilatación de los cementos Portland al crecer la temperatura. Las curvas fig. 3 (pág. 431), manifiesta el trazado de las curvas obtenidas por Endell, las cuales indican que, en primer lugar, se produce un ligero aumento de volumen del cemento Portland que se calienta, que deja de observarse de 200 a 300°, anulado por una fuerte contracción, debida a la eliminación del agua combinada, contracción que, no sólo compensa la dilatación térmica, sino que aún produce una disminución de volumen resultante.

No se ha estudiado, hasta ahora, la variación o alteración de las resistencias que, bajo tales circunstancias, experimentará la pasta pura de cemento, y que indudablemente es de importancia, por lo cual, debería ser incluído dicho estudio en los programas de ensayos.

Agregados inertes.—La considerable resistencia del cemento puro a la acción del calor permite, de antemano, deducir que los graves deterioros experimentados en los incendios por algunos edificios o construcciones, no deben atribuirse a falta de resistencia al fuego, del material aglomerante, sino antes bien al desfavorable modo de conducirse de los agregados inertes. Así, por ejemplo, en los grandes ensayos de incendios llevados a cabo por Gary en Grosslichterfelde, se sometieron a la acción del fuego casetas construídas con la misma clase de cemento todas ellas, y variando los tipos de agregados inertes, se vió que, mientras aguantaban bien los muros en que se había empleado la grava silícea, el basalto, etc., los construídos a base de granito como agregado inerte, se produjeron fuertes dislocaciones y fenómenos análogos a los producidos por explosiones.

Es, por consiguiente, absolutamente indispensable someter a concienzudos ensayos, y de un modo especial, a los agregados inertes. Existen ya numerosos datos de experiencia relativos a ese punto, procedentes, tanto de los investigadores norteamericanos, como de los alemanes. Empecemos por tratar del modo de conducirse de los agregados inertes, desde el punto de vista químico. En primer lugar, es interesante conocer, en cada caso, la pérdida de agua de la mica, por ejemplo, sobre la cual no hay todavía datos de experiencia. Es posible suponer, también, que la mencionada dislocación del granito, y los fenómenos de tensión que la acompañan, sean atribuíbles a ese desprendimiento de agua en el interior del agregado inerte. Con relación al comportamiento químico del material, parece ofrecer importancia el desprendimiento de anhídrido carbónico, que en los ensayos de Endell dió lugar a marcados fenómenos de contracción. La fig. 4 (pág. 431) indica las dilataciones lineales de calizas blancas o conchíferas (Muschelkalk) del Sur de Alemania, cristalinas, de grano fino, representadas en función de la temperatura. La parte indicada de trazos en las curvas representa una porción en que el trazado es dudoso, a causa del desprendimiento de anhídrido carbónico.

Con la mayor parte de los agregados inertes (excepción hecha del carbonato cálcico) sucede que el proceso físico adquiere mayor importancia que el proceso químico, pues origina alteraciones de volumen y de las resistencias.

La variación de volumen de diversos agregados inertes, antes de su empleo en la preparación del hormigón, ha sido también estudiada por Endell, sobre

5 materiales diferentes: granito, diabasa, basalto, arenisca y escorias de altos hornos. La fig. 5 (pág. 431) indica la dilatación producida por el calor y la contracción causada por el enfriamiento en los citados materiales. El valor residual que se observa después del enfriamiento representa la dilatación lineal remanente. Las escorias de altos hornos son las que presentan la mínima variación de volumen; la arenisca se conduce, también, en forma bastante ventajosa; en cambio, el basalto, la diabasa y el granito, ofrecen dilataciones térmicas aproximadamente iguales y relativamente importantes, ya que vienen a ser de valor cuádruple del de la dilatación térmica correspondiente a las escorias de altos hornos.

Respecto a la alteración de la resistencia de los agregados inertes, bastará con los datos que citaremos en el siguiente párrafo, encabezado con el título "Hormigón."

Hormigón.—El modo de conducirse de un hormigón, desde el punto de vista químico será el resultante de los modos de conducirse químicamente de los materiales que entran en su formación, a saber, los agregados inertes y el cemento fraguado. No es de esperar que el modo conducirse del hormigón presente nuevos fenómenos; no hace falta insistir en el estudio químico de su comportamiento, pues, si nada nuevo puede ofrecernos.

El comportamiento físico de un hormigón no puede, en cambio, ser previamente deducido de las propiedades correspondientes de sus componentes, ensayados por separado (cemento y agregados), ya que el hormigón representa un producto dotado de propiedades físicas totalmente diferentes de las de sus componentes aislados. El cemento presenta, al calentarlo en forma de cemento puro, dosis muy diferentes de anhídrido carbónico y agua, que cuando forma parte del hormigón, y los agregados inertes se hallan en el hormigón en diversos tamaños granulométricos, que influyen en su resistencia, contracción y dilatación; mientras que, al ser ensayado un agregado inerte por separado, los fragmentos están todos al descubierto, y son accesibles a la medición por separado.

En cierto grado, la variación de volumen será consecuencia de las variaciones de volumen de los agregados y de las del cemento. Como ya se ha visto en las precedentes tablas de curvas, todos los agregados inertes se dilatan bajo la acción del calor; los cementos, en cambio, se contraen. En consecuencia, y dado que aquella dilatación, por lo regular, es de mayor importancia que esta contracción, los hormigones, sin excepción, presentarán también una dilatación, que será, sin embargo, menor que la de los agregados inertes componentes. Esta presunción pudo ser comprobada, efectivamente, por Endell en su trabajo.* Indicó que, los agregados cuarzosos, al llegar a unos 575° ocasionan una rápida dilatación del hormigón, a causa de la transformación $a \rightarrow \beta$ del cuarzo, mientras que la escoria cuprosa de Mansfeld, el basalto y la diabasa, a 1000° producen entumecimientos en el hormigón, debidos al desprendimiento de gases, y por el contrario, los agregados calizos dan lugar a contracciones a 900°, a causa del desprendimiento del anhídrido carbónico. La escoria de altos hornos constituye una excepción, pues sólo origina una pequeña y uniforme dilatación del hormigón con ella fabricado. En las curvas (fig. 6, pág. 431) se han reunido, para su comparación, las curvas características del hormigón hecho con piedra cuarzosa, con piedra volcánica, con una piedra caliza y, finalmente, con escorias de altos hornos. En ellas se ha representado gráficamente la dilatación lineal, referida a la temperatura.

Indudablemente, son las alteraciones de las resistencias las que desempeñan el papel más importante en el caso de un edificio sometido a la acción del fuego a causa de un incendio. Es natural, por lo tanto, que se hayan ya

* "Ensayos acerca de la variación de longitud y de estructura de los agregados inertes del hormigón y del mortero de cemento, bajo la acción de temperaturas hasta 1200°." Vol. 50° de la Comisión Alemana del Hormigón armado.

realizado sobre el particular numerosos ensayos, destinados a averiguar en qué grado la resistencia quedaba afectada por la açción del calor, a distintas temperaturas.

Sutcliffe calentó probetas de mortero y de hormigón, y halló que la resistencia a la tracción disminuye en un 44-80%, según la clase de agregado inerte. Nitzsche encontró mermas aún mayores en las resistencias a la tracción, cuando dijo que éstas, al cabo de 120 horas de acción del fuego, bajaron a $\frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{3}$ de su valor primitivo.

De las investigaciones de Woolson sobre la resistencia a la compresión, resulta que esta clase de resistencia, en el hormigón hecho con piedra volcánica, retrocede al 88% de su valor, bajo una temperatura de 500°, al paso que baja hasta el 58%, para la misma temperatura, si se emplea en él la piedra caliza. Contrapuestos a esos resultados son los de Steppes, que, con piedra basáltica y 500°, señalan un incremento de resistencia de un 15%. También se encuentran contradicciones en otros trabajos y artículos; así, por ejemplo, Gary, en los ensayos de incendios efectuados por la Comisión Alemana del Hormigón armado, en casas de dos pisos, comprobó que, entre las probetas extraídas de puntos castigados por el fuego, y las sacadas de puntos a que el fuego no había llegado, no se notaba la menor disminución de la resistencia a la compresión, en los casos en que el agregado inerte era basalto o granito, y sólo el hormigón de grava silícea había perdido $\frac{1}{4}$ de su resistencia. En los ensayos de incendios de la torre de bomberos de Gesolei, que se llevaron a cabo a instancias del citado autor en el año 1927, se comprobaron, al ensayar las resistencias a la compresión del hormigón, descensos en aquellas resistencias, de alrededor del 30%, hasta una profundidad de 10 ó 12 cms. En cambio, en la parte central o núcleo de las columnas o pilares de hormigón, no se halló casi pérdida alguna de resistencia.

Ante esos contradictorios resultados, pareció conveniente efectuar nuevos ensayos de la acción del fuego sobre diversos cementos y diferentes clases de agregados inertes, sobre probetas cúbicas normales, en un aparato o dispositivo adecuado para el caso, toda vez que ni siquiera los numerosos ensayos norte americanos han conseguido aportar una solución clara y definitiva al problema, antes bien, han servido para suministrar una lista de resultados que discrepan de los hallados en Alemania, relativa a la mejor o peor conveniencia de unos u otros agregados inertes, desde el punto de vista de su inalterabilidad bajo la acción del fuego. En esos ensayos, no se limitó la experimentación a los agregados cuarzosos y calizos, sino que se ensayaron, también, especialmente, las escorias de altos hornos, ya que éstas, en los ensayos de Endell, fueron las que mejor resultado dieron, por ocasionar tan sólo una pequeña y uniforme dilatación.

Los ensayos fueron efectuados sobre probetas normales, que se compusieron a base de los diferentes tipos y clases de agregados inertes, cuyo tamaño máximo era de 5 mm., y cuya composición granulométrica respondía a la curva de Fuller, y a la curva de volumen de poros, y que se amasaron según las diferentes dosificaciones. Las probetas, después de su preparación, se tuvieron 7 días en aire húmedo. Para su calentamiento, se empleó un horno de mufla, de gas, alimentado con el gas del alumbrado público, inyectado con un ventilador (fig. 7, pág. 433). De las probetas, unas se extrajeron del horno caliente todavía, mientras que otras se dejaron enfriar dentro del horno mismo, y algunas, incluso, fueron enfriadas bruscamente en agua. Las formas de tratamiento aplicadas en cada caso se hallan especificadas.

El ensayo de estabilidad de resistencias fué llevado a cabo en el aparato de Steeger-Endell, sobre probetas preparadas a consistencia de tierra húmeda, y con la dosificación de 1 : 3 de agregado silíceo. Los resultados están reunidos en la tabla de curvas (fig. 8, pág. 434). La altura de la probeta

de ensayo está indicada en función de la temperatura, para el mortero 1 : 3 de cemento de altos hornos, o de cemento Portland y arena cuarzosa. Los ensayos fueron efectuados en el Instituto de Investigación de las Acererías Reunidas de Dortmund.* La marcha de las curvas indica que, tanto el hormigón de cemento de altos hornos como el hormigón de cemento Portland, aguantaron la carga prescrita, de 2 kg. por cm^2, hasta unos 1150°; más allá de esta temperatura, relativamente elevada, las probetas empezaron a desmoronarse.

Para determinar el modo como actúa sobre el cemento la escoria de altos hornos, se confeccionó un cemento puzolánico, en el que, como puzolana, se empleó la escoria de altos hornos, obteniéndose, así, el cemento de altos hornos A, de la tabla 1 (pág. 440), que se ensayó comparativamente con el cemento Portland W, de la tabla 2 (pág. 440). Para las cualidades de los cementos, véase la tabla 3 (pág. 441).

Se amasaron, con diferentes agregados inertes, arena cuarzosa, basalto, diabasa y granito. La fig. 9 (pág. 434) indica el trazado o marcha de la curva de la resistencia a la compresión, en % de la resistencia inicial, para los 4 tipos de agregados inertes, tanto para el mortero de cemento de altos hornos, como para el mortero de cemento Portland 1 : 3, en función de la temperatura. Las probetas fueron introducidas frías en el horno caliente, y enfriadas al aire, a la temperatura ordinaria. Las probetas eran de 7 días, circunstancia que se indica también en las tablas numéricas 1 y 2. El curso de las curvas indica, en forma bien marcada, que al calentar el hormigón de cemento de altos hornos, en la gran mayoría de los casos, se produjo al principio un aumento de la resistencia, mientras que con el cemento Portland, el calentamiento a 300°, en casi todos los casos, hizo descender las resistencias al 80-90%. A temperaturas más elevadas, el granito es el que da, en ambos casos, peores resultados. Los ensayos coinciden, por consiguiente, con las observaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales.

Si se elimina la influencia del agregado inerte, sumando las cifras obtenidas a una misma temperatura, sin preocuparse de la clase de agregado inerte,

* Expresamos desde aquí nuestro cordial agradecimiento a los Prof. Schulz y Dr. Hartmann, por la cooperación amistosa que nos han prestado.

NOTA DEL EDITOR.

EL Editor de "Cement and Cement Manufacture" Internacional invita a los lectores de esta Revista a enviar artículos para su publicación. El original puede estar en español, inglés, francés o alemán, y será traducido a los otros tres idiomas por traductores especialistas.

Se admiten artículos sobre toda clase de ideas o progresos nuevos de fabricación, química o ensayo de cementos, o de asuntos relacionados con el cemento de interés general para su industria. También se desean descripciones y grabados de nuevas fábricas de cemento en todas partes del mundo.

Se invita también a los constructores de maquinaria para la fabricación del cemento a que envíen datos y grabados referentes a las nuevas fábricas instaladas por ellos, y a las nuevas instalaciones de sus propias fábricas.

Todos estos artículos deben dirigirse a: The Editor, "Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, Inglaterra, por correo certificado.

y se saca el promedio, se obtienen las curvas de la fig. 10 (pág. 434), de las cuales se desprende claramente que, efectivamente, el cemento de altos hornos, al principio del calentamiento, experimenta aumentos de resistencias. Es evidente que hay que atribuir este fenómeno a que la escoria de altos hornos, a elevada temperatura, interviene en el endurecimiento, y por tal motivo, aumenta la resistencia.

Las probetas de cemento de altos hornos del ensayo descrito están reproducidas en la fig. 11 (pág. 436). La serie de arriba representa los cubos, antes de la acción del fuego; los de las series siguientes, las probetas que se tuvieron 2 horas a la acción del fuego, y a las temperaturas que se indican. El mal resultado obtenido con la arena cuarzosa y con el granito se ve con toda claridad. La causa del retroceso de la resistencia se puede comprobar bien claramente, mediante un ensayo de la densidad aparente. La fig. 12 (pág. 436), indica claramente el aligeramiento que experimenta el material, al aumentar la temperatura. La tabla de curvas indica, además, la variación del peso especifico y de la porosidad, deducida de este último y de la densidad aparente. La causa del aligeramiento es, sin duda, la adquisición de una estructura porosa, como puede fácilmente apreciarse en las figs. 13 y 14 (pág. 436). En ellas se representan, en preparación microscópica delgada, muestras de probetas con arena cuarzosa, antes y después de sometidas a un calentamiento de 1100°.

Para averiguar al grado de influencia que puede tener la duración de la acción del fuego sobre hormigones con iguales tipos de agregados, pero con diferentes clases de cementos, se sometieron las probetas a 10 horas de tratamiento, una vez a 300°, otra a 500° y otra a 700°, determinando las resistencias de 2 en 2 horas. Las curvas de la Fig. 15 (pág. 437) indican lo siguiente (en % de las resistencias de probetas no expuestas al fuego): también en este caso, el calentamiento a 300° da por resultado un marcado aumento de resistencia del cemento de altos hornos, aumento de resistencia que tiene lugar al cabo de 2 horas, precisamente; luego, la curva sigue casi horizontal. Por el contrario, con el cemento Portland, tiene lugar una disminución de las resistencias, que alcanza ya su máximo a las 2 horas. A 500° se ve que el cemento que contiene escorias de altos hornos compactas ha sufrido, también, menos que el cemento que no contiene dichas escorias. Para

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

INTERNACIONAL

(El cemento y su fabricación).

Tarifas de subscripción.

A CAUSA del considerable aumento en el coste de la publicación de "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE" en su nueva forma, ha sido necessario aumentar su precio a 2 chelines el ejemplar. La tarifa de subscripción anual (incluyendo gastos de correo a cualquier punto del mundo) es de 24 chelines. Los actuales subscriptores que figuran en nuestra lista de subscripciones pagadas por adelantado continuarán recibiendo los ejemplares a la tarifa antigua hasta la expiración de su actual subscripción.

Las subscripciones anuales deben enviarse a "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE," 20, Dartmouth Street, London, S.W.1, Inglaterra, y a su recibo se enviará regularmente un ejemplar cada mes por toda la duración de la subscripción.

este último se llega ya al grado máximo de deterioro a las 4 horas, en tanto que el cemento que contiene escorias de altos hornos compactas necesita más tiempo (unas 6 horas) para llegar a su punto más bajo.

Calentando hasta 700°, el cemento de altos hornos tiene ya a las 2 horas una pérdida de resistencia, qua la reduce al 30% de la resistencia inicial de dicho cemento. El punto más bajo, que se alcanza al cabo de 10 horas, representa una resistencia restante del 20%. La curva del cemento Portland sigue un curso análogo; en otros términos, al aumentar la temperatura, se llega antes al deterioro máximo, después de lo cual pérdida aumenta lentamente.

Como tipos de agregados inertes para los ensayos siguientes, fueron empleadas las escorias de altos hornos en mayores proporciones. Los análisis de esas escorias de altos hornos son los que figuran en la tabla 4 (pág. 441). En esta serie de ensayos se operó de manera que las probetas se introducían en el horno cuando éste se hallaba frío todavía, dejando luego enfriar parte de ellas dentro del horno y enfriando las otras en agua. Se calentaron, en cado caso, a 300, 500, 700 y 900°. Otra serie de probetas se calentó con vapor de agua a 100°. Las cifras absolutas se han reunido en la tabla No. 5 (pág. 441), pero los valores relativos son los que condujeron a la Fig. 16 (pág. 437). Las probetas empleadas tenían 4 días (curación: 3 días en agua y 1 día al aire), y fueron amasadas a razón de 1 : 4, según la curva de Fuller, con piedra natural y escorias de altos hornos. El calentamiento se prolongó 2 horas. La tabla 5 (pág. 441) indica las resistencias, antes y después de la acción del calor.

Para las temperaturas de 300° en adelante, se dan los resultados, primero para el caso de enfriamiento lento, y luego para el de enfriamiento rápido. Los valores relativos de la Fig. 16 (pág. 437) sólo se sefieren al caso de enfriamiento lento. La marcha de la curva indica lo siguiente:

Con los agregados inertes naturales tiene lugar aquí, tanto a 100° como a 300°, un ligero aumento de resistencia, attribuíble, indudablemente, a haber empleado cemento de altos hornos. Al calentar a 500°, las resistencias caen al 45-55% del valor inicial, especialmente cuando se usa cuarzo y basalto; a 700°, las resistencias son ya tan sólo de 20 a 25%, a 900°, sólo de 8 a 18% de sus valores de origen.

Las escorias de altos hornos se diferencian unas de otras, en que las escorias normales de altos hornos Rh, Vn y Gh correspondían a trazados rectilíneos, mientras la escoria Gm era ligeramente espumosa, y no correspondia a un trazado rectilíneo.

Las curvas indican que, en este caso, la elevación de resistencias a 300° aparece de forma aún más marcada que cuando el agregado inerte es natural, siendo ésto una prueba de que, a dicha temperatura, a la cual el agua no ha sido todavía expulsada del hormigón, tiene lugar, efectivamente, una reacción que ocasiona el aumento de resistencia. A 100° no se observa todavía ninguna pérdida de resistencias; en cambio, a 500°, se nota una disminución, si bien bastante pequeña; en los casos más desfavorables, cuando las escorias de altos hornos son de mala calidad, alcanza el 40%; en cambio, si la escoria de altos hornos es buena, sólo pierden un 20%. Por el contrario, los agregados naturales, a la misma temperatura, ocasionan un descenso del 30-50%. A 700° las resistencias son todavia de 30 a 50% de las resistencias iniciales, mientras que con los agregados naturales, queda solamente en este caso un 20-30%. El descenso correspondiente a 900° no es, ni de mucho, tan fuerte como el que se experimenta en el caso de agregados inertes naturales.

Una de las antes citadas series de probetas fué extráida del horno estando aún caliente, a las correspondientes temperaturas de 300, 700 y 900°, y enfriadas las probetas bruscamente por su introducción en agua fría. En ese caso se comprobaron notables mermas en las resistencias, como puede

observarse en la curvas Fig. 17 (pág. 437). De las cifras halladas se desprende lo siguiente: los máximos descensos de resistencias, causados por el enfriamiento, se observan con la temperatura de 300°. A temperaturas mayores, a las que ya las probetas están muy estropeadas, las disminuciones de resistencia no se dejan ya sentir. La tabla 5 (pág. 441), así como la Fig. 17 (pág. 437) indican los valores a que se llega. La caliza se descompone a 900°, quedando sólo una masa pastosa (Fig. 18, pág. 439).

Para determinar en qué forma puede influir, en los diversos casos, el tamaño de los granos sobre las resistencias, y las reducciones que experimentan, se prepararon los agregados inertes con las primeras materias antes mencionadas, no sólo según la curva de Fuller, sino, además, según la curva de los volúmenes de poros, y con ellos se prepararon probetas normales. Las curvas de volúmenes de poros, y las curvas de Fuller, correspondientes a los diferentes agregados inertes, se hallan agrupadas en la Fig. 19 (pág. 439). La curvas en cuestión muestran que, según la curva de volúmenes de poros, existían, como es natural, granos más finos en los agregados. Los ensayos de resistencias fueron efectuados, en este caso, hasta 500°, y sus resultados se hallan en la tabla No. 6, y representados gráficamente en la tabla de curvas No. 20 (pág. 440). Se ve aquí, de nuevo, que a 300° se produce un aumento de resistencia, y que también en este caso, las escorias de altos hornos se conducen más favorablemente que los productos naturales.

Las cifras indican un comportamiento favorable, incluso a 500°, si bien éste se debe, manifiestamente, a la gran compacidad del hormigón.

Resumen.—1. *Estabilidad de resistencia.* La estabilidad de resistencia del hormigón, aún a elevadas temperaturas, es todavía buena. Sólo a 1150° desciende a menos de 2 kgs. por cm^2.

2. *Influencia de la duración del calentamiento.*—A las 2 horas de acción del calor, en la mayor parte de los casos, se ha alcanzado ya el máximo del efecto del fuego.

3. *Influencia del aglomerante.*—Los cementos que contienen escorias de altos hornos se comportan más favorablemente que los cementos Portland puros, ya que, calentados a 300°, producen aumentos de resistencia en el hormigón.

4. *Influencia de la clase de agregados inertes.*—Los agregados cuarzosos son los que influyen, en la resistencia, del modo más desfavorable; el granito, sobre todo, reduce rápidamente la resistencia, mientras que la caliza, especialmente a temperaturas que no excedan de 700°, se conduce excelentemente. Las escorias de altos hornos se comportan más favorablemente que la piedra natural.

5. *Influencia de la clase de enfriamiento.*—El enfriamiento brusco, por medio del agua, reduce fuertemente las resistencias, aún en el caso de que el hormigón sólo se haya calentado a 300°. Las resistencias del hormigón enfriado en agua son: a 300° ... ... de 30 a 50%;
a 500° ... ... de 10 a 30%;
teniendo en cuenta que, como es natural, las cifras absolutas, obtenidas a 500°, resultan más bajas que las de 300°.

6. *Influencia del tamaño granulomètrico.*—Es ventajoso un ligero exceso de fragmentos de grano fino.

7. *Influencia de la elevación de la temperatura.*—Esta influencia puede claramente ser apreciada en la tabla numérica No. 7 (véase pág. 441).

Consecuencias prácticas.—La edificación de construcciones que deban ofrecer buena resistencia a la acción de temperaturas elevadas es conveniente llevarla a cabo con cementos puzolánicos, agregando inertes constituídos por escorias compactas de altos hornos. A temperaturas hasta 500° se puede, también, emplear como agregado inerte la piedra caliza, que da buenos resultados. Los agregados cuarzosos deben excluirse en todos los casos.

CEMA
UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY-CHEMISTRY

VOLUME 3. NUMBER 4. APRIL 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE

THE INTERNATIONAL FOUR-LANGUAGE CEMENT JOURNAL

MANAGING EDITOR: H. L. CHILDE. CONSULTING TECHNICAL EDITOR: S. G. S. PANISSET.

ENGLISH SECTION

PUBLISHED BY CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Published on the 20th of each Month. Price 2s. a copy. Annual Subscription 24s. post free.

PARTIE FRANÇAISE .. .. .. PAGE 587
DEUTSCHER TEIL .. .. SEITE 617
SECCIÓN ESPAÑOL .. .. .. PÁG 647

A Subject for Research.

THOSE in close touch with the testing and use of cement are aware that there are qualities which receive no recognition in the standard specifications tending to make particular brands of cement popular. There is something in addition to strength, soundness, and setting properties; even rapidity of hardening is not enough if expressed only in terms of strength at 24 or 48 hours. It will be obvious that these special qualities leading to popularity are difficult to define, otherwise they would be included in standard specifications; they are characteristics which appeal to different users in different ways. As an example, it is known that some cements are less affected by dirty sands than others; two cements may have similar setting times and strengths at early dates, and while one will set and harden quite well when mixed with loamy aggregate, the other will take several days to harden. According to the view one may take of the mechanism of the setting and hardening of cement, it is either the crystallisation or the desiccation of the gel that is hindered in the one case by the presence of mud in the aggregate.

No explanation is available as to the cause of this difference that is known to exist between cements, but there is evidence that the addition of calcium chloride to the concrete is a means of curing the defect of sluggish hardening with muddy aggregates. Whether this remedy derives its efficacy from an alteration in the mud in the aggregate, such as destruction of colloid formations, or whether it is due to the effect of calcium chloride on cement, is obscure. In a recent pamphlet* published by the Building Research Station, however, it is shown

* Building Research Special Report No. 14. Published by H.M. Stationery Office, London. Price 9d.

from an investigation into the literature dealing with the action of calcium chloride on concrete that the effects on the setting time and strength vary with different brands of cement when neat cement and cement mixed with standard sands are tested. Hence it would appear that the variable behaviour is inherent in the cements.

Another difference between cements not revealed by standard specification tests is shown by rotary-kiln and chamber-kiln cements. Those concerned with the marketing of cements in the early part of the century will remember the difficulties arising from the attempts to substitute rotary for chamber-kiln cement. It was easy to prove that the rotary cements were superior in strength, soundness, and purity, but these did not counterbalance with certain types of craftsman against certain qualities of chamber-kiln cement which were indefinable by tests. There are to this day many concrete floor-layers and plasterers who affirm that the cements of twenty or thirty years ago were superior for their purposes to the high quality cements of to-day. The preference may have some connection with fineness of grinding, but is more probably due to the rate and degree of stiffening of the cement mortar which enables the finishing or smoothing of the floor or plaster to be done within a working day and in a more satisfactory manner. These differences undoubtedly exist, but their causes are obscure and a subject for research is provided.

The pamphlet of the Building Research Station already mentioned is primarily a summary of the literature on the use of calcium chloride or sodium chloride as a protection for mortar or concrete against frost. As might be expected from a resumé of world-wide literature, there is no unanimity of opinion. But the information concerning the effect of calcium chloride additions upon the strength of mortar and concrete is of much interest, because of the effort that has been made in the United States to persuade concreters that a quick-hardening concrete can be obtained by this means instead of by the more orthodox method adopted in Europe of using rapid-hardening Portland cement. The more recent tendency in the United States, however, appears to be in the direction of rapid-hardening cements, thus conforming to the almost world-wide practice of cement manufacturers of being reluctant to recommend any other ingredient to concrete than cement and aggregates.

The pamphlet has been issued with the object of summarising the literature upon the subject of its title and thus providing a reply to enquirers. The results of the work of well-known investigators such as Abrams, Graf and Platzmann cannot be taken as a recommendation to use calcium chloride as a concrete " improver " because there are various uncertainties to be encountered, among which are the risk of impurities, e.g., bleaching powder in the calcium chloride, the tendency to corrosion of reinforcement unless the concrete is very dense, and the variability of behaviour with different brands of cement. Although there is evidence that calcium chloride does increase the strength of concrete in many cases, the uncertainty of its action is such that if risks of failure are to be avoided a complete series of tests is necessary with the materials to be used under the conditions likely to exist on the work before the safe conditions for the addition of calcium chloride can be defined. Some of the advantage associated with calcium chloride is attributed to its hygroscopic nature which causes concrete containing it to retain moisture and thus diminish shrinkage stresses which reduce strength. This part of the benefit of calcium chloride would, as a rule, be more cheaply obtained by curing in damp atmospheres. The pamphlet also deals with the effect of common salt (sodium chloride) as an addition to concrete and the conclusion is reached that it is an undesirable addition.

The Most Recent United States Cement Plant.

The most recent cement plant completed in the United States is that of the Republic Portland Cement Company, at San Antonio, Texas. This plant was begun in the autumn of 1928, and was completed and started operation in August, 1929; it is a good example of present-day practice in the construction and equipment of cement plants in the United States. Messrs. Richard K. Meade & Company, of Baltimore, Md., cement engineers, designed and supervised the construction of the plant. Messrs. Terrell Bartlett Engineers, Inc., of San Antonio, Texas, were the local engineers, and the plant was built by Messrs. Smith Bros., Inc., of Crockett, Texas.

The plant was designed to manufacture 3,500 barrels of cement per day (the American barrel being 374 lbs., or 170 kilos) and has actually produced in excess of 4,000 barrels per day. It is situated about eight miles north-

Fig. 1.—Plant of the Republic Portland Cement Co., San Antonio, Texas, U.S.A.

east from San Antonio, and is served by the Missouri, Kansas and Texas Railroad and by the International and Great Northern Division of the Missouri-Pacific System. The plant is also connected by a concrete road with the San Antonio and Austin Highway, so that cement can be delivered by road vehicles. Power is purchased from the San Antonio Public Service Company, and natural gas used for burning is purchased from the Southern Gas Company. Gypsum is bought from the United States Gypsum Company and is conveyed from mines at Falfurias, Texas, 200 miles distant. Water is obtained from deep wells on the property.

Fig. 1 is a view of the plant from the west, and Fig. 2 a ground plan showing the situation of the various buildings, quarry, etc. The construction is permanent and substantial. Reinforced concrete is used not only for buildings but also for mill bins and crane runways, and careful attention has been paid to architectural features. The buildings are, except the kiln-house, all of reinforced concrete, with cement-brick panels covered with buff-coloured stucco. The kiln building is of steel with sides mostly left open. The roofs are of corrugated asbestos sheeting.

Raw Materials and Quarry.

The property comprises about 475 acres. The raw material consists of an argillaceous chalk, which varies in character from soft earthy to solid material. Occasional beds or crusts of hard limestone are found, but generally the material is soft and is, relatively speaking, easily ground. The overburden above the chalk is light, averaging about 2 or 3 ft. over the greater part of the property. Geologically, the material belongs to the Austin chalk, which is one of the lower members of the Gulf Series of the Upper Cretaceous Period. Similar material is used by the San Antonio Portland Cement Co., which also has a mill at San Antonio. The chemical composition of the raw materials is as follows:

	Limestone. Per cent.	Argillaceous Limestone. Per cent.	Calcareous Clay. Per cent.
Silica	8.25	15.96	34.20
Alumina	3.06	4.67	9.48
Iron oxide	1.76	2.13	3.25
Calcium carbonate ...	84.88	75.07	50.15
Magnesium carbonate ...	1.28	1.78	1.15

The material does not lie in well-defined beds or layers but grades from the extremes of fairly pure limestone to calcareous clay as shown above. Part of the property is underlaid with material high in lime, part with that low in lime and part with chalk; the composition of the chalk is approximately correct for burning, and at present the quarry operations are confined almost entirely to this area. The shovel is worked so as to obtain material which by proper blending of the slurry will obtain a mixture suitable for burning.

The quarry lies to the north-west of the plant at present, and consists of a narrow cut along a ravine at the bottom of which a stream at one time flowed. The latter was diverted and the quarry is drained into it. The present face is about 20 ft. by about 500 ft. At one end the chalk is high in lime while at the other end it is argillaceous, and by working between the two ends a satisfactory mixture is made. The quarry face is being extended east towards high ground so that it will ultimately be 40 or 50 ft. in height. It is planned to keep the floor at such elevation that the quarry will be self-draining. There is practically no stripping at present, and the rock is sufficiently high in lime to carry the overburden as part of the mix. It is estimated that the supply of chalk is practically inexhaustible; enough has been blocked out by drilling to last at least 100 years.

The rock requires little drilling and blasting; what drilling is required is done by a Keystone " Joplin Special " well-drill equipped with gas engine and crawler treads. There is also an Ingersoll-Rand wagon drill which has been found very satisfactory on this material.

The chalk is loaded by a Marion electric shovel, equipped with crawler treads, a 2-cu. yd. bucket and Ward-Leonard control. This shovel is operated on alternating current. The electric unit consists of one 85-h.p. squirrel-cage motor direct connected to three D.C. generators of 50, 15 and 15 k.w. respectively. These three generators operate respectively on hoist (60 h.p.), swing (23 h.p.), and crowd (23 h.p.) motors. The shovel is also equipped with a $5\frac{1}{2}$-k.w. motor-generator set for exciting, etc. The chalk is loaded into 8-ton side-dump trucks manufactured by the Easton Car Company. These are hauled the short distance to the mill by means of a 10-ton Plymouth petrol locomotive which will handle six trucks on the present grades (0.8 per cent.).

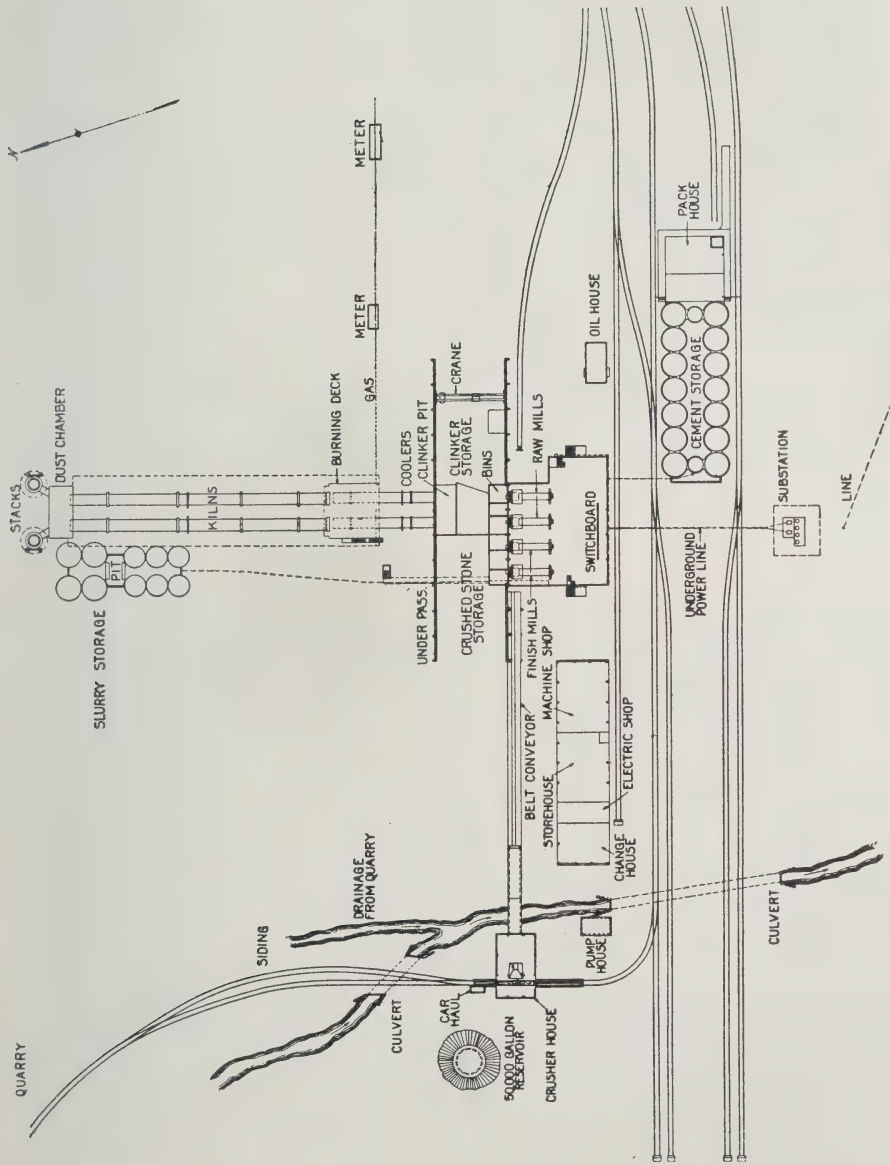


Fig. 2.—Ground Plan of the Republic Portland Cement Co.'s Plant.

Raw Materials and Quarry.

The property comprises about 475 acres. The raw material consists of an argillaceous chalk, which varies in character from soft earthy to solid material. Occasional beds or crusts of hard limestone are found, but generally the material is soft and is, relatively speaking, easily ground. The overburden above the chalk is light, averaging about 2 or 3 ft. over the greater part of the property. Geologically, the material belongs to the Austin chalk, which is one of the lower members of the Gulf Series of the Upper Cretaceous Period. Similar material is used by the San Antonio Portland Cement Co., which also has a mill at San Antonio. The chemical composition of the raw materials is as follows:

	Limestone. Per cent.	Argillaceous Limestone. Per cent.	Calcareous Clay. Per cent.
Silica	8.25	15.96	34.20
Alumina	3.06	4.67	9.48
Iron oxide	1.76	2.13	3.25
Calcium carbonate ...	84.88	75.07	50.15
Magnesium carbonate ...	1.28	1.78	1.15

The material does not lie in well-defined beds or layers but grades from the extremes of fairly pure limestone to calcareous clay as shown above. Part of the property is underlaid with material high in lime, part with that low in lime and part with chalk; the composition of the chalk is approximately correct for burning, and at present the quarry operations are confined almost entirely to this area. The shovel is worked so as to obtain material which by proper blending of the slurry will obtain a mixture suitable for burning.

The quarry lies to the north-west of the plant at present, and consists of a narrow cut along a ravine at the bottom of which a stream at one time flowed. The latter was diverted and the quarry is drained into it. The present face is about 20 ft. by about 500 ft. At one end the chalk is high in lime while at the other end it is argillaceous, and by working between the two ends a satisfactory mixture is made. The quarry face is being extended east towards high ground so that it will ultimately be 40 or 50 ft. in height. It is planned to keep the floor at such elevation that the quarry will be self-draining. There is practically no stripping at present, and the rock is sufficiently high in lime to carry the overburden as part of the mix. It is estimated that the supply of chalk is practically inexhaustible; enough has been blocked out by drilling to last at least 100 years.

The rock requires little drilling and blasting; what drilling is required is done by a Keystone " Joplin Special " well-drill equipped with gas engine and crawler treads. There is also an Ingersoll-Rand wagon drill which has been found very satisfactory on this material.

The chalk is loaded by a Marion electric shovel, equipped with crawler treads, a 2-cu. yd. bucket and Ward-Leonard control. This shovel is operated on alternating current. The electric unit consists of one 85-h.p. squirrel-cage motor direct connected to three D.C. generators of 50, 15 and 15 k.w. respectively. These three generators operate respectively on hoist (60 h.p.), swing (23 h.p.), and crowd (23 h.p.) motors. The shovel is also equipped with a $5\frac{1}{2}$-k.w. motor-generator set for exciting, etc. The chalk is loaded into 8-ton side-dump trucks manufactured by the Easton Car Company. These are hauled the short distance to the mill by means of a 10-ton Plymouth petrol locomotive which will handle six trucks on the present grades (0.8 per cent.).

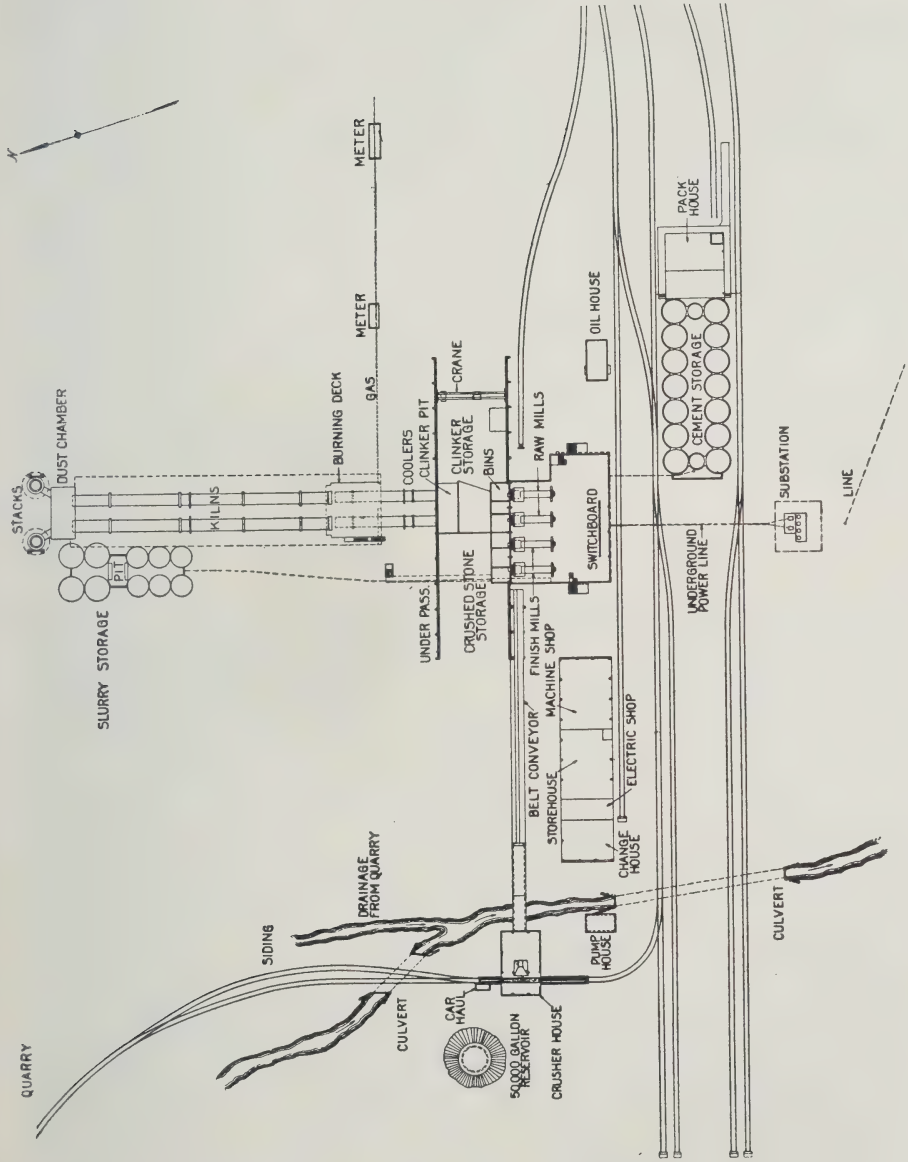


Fig. 2.—Ground Plan of the Republic Portland Cement Co.'s Plant.

Fig 3.—View of Quarry when first opened.

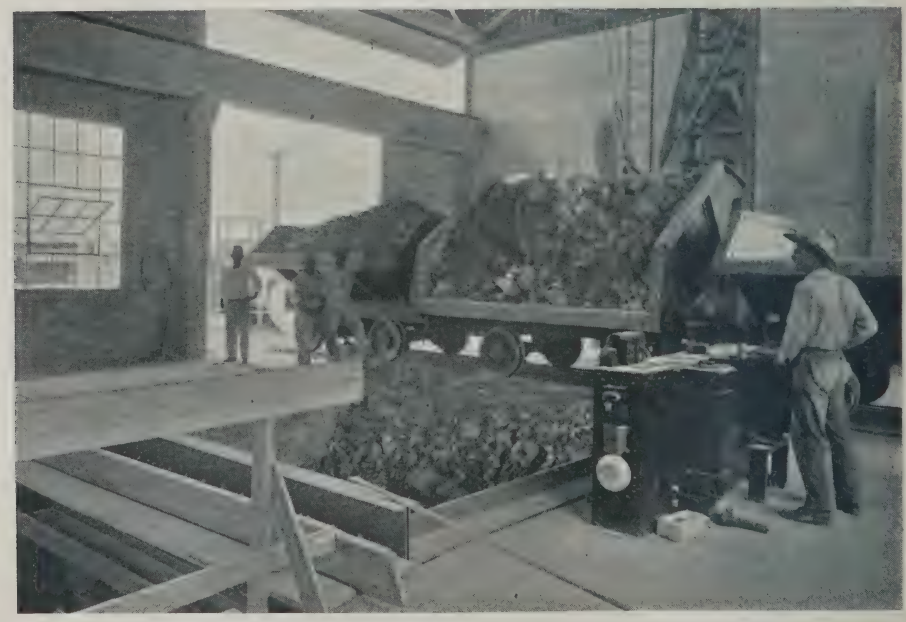


Fig. 4.—Interior View of Crusher House, showing automatic Car-dump, Feed-hopper and Electrical Controls.

Fig. 3 shows the shovel, locomotive, and trucks and gives an idea of the present quarry. The Keystone and the Ingersoll-Rand wagon drill can be seen in the distance. The small shovel shown in the illustration is not part of the regular plant equipment, but was used in opening up the quarry.

Crushing Plant.

Fig. 1 is a view of the plant from the west, in the foreground of which is the crushing plant. Fig. 2 is a ground plan. The train of six trucks is pushed through the crusher-house so that the last truck is beyond the crusher hopper; the trucks are then positioned by means of an automatic truck pull in the centre of the track. This consists of a chain to which two lugs are attached operating in a guide fastened to the cross-ties. When this chain is working the upper strand is moving in the direction of the crusher. The lugs engage a beam on the bottom of the truck and the latter is thus pulled opposite the crusher hopper, when the chain is stopped. The trucks are then dumped by a Shepherd overhead hoist and a hinged arm and hook, which engages a bar on the back of the truck (see Fig. 4). The trucks when empty are pulled by the chain to the head of an incline, where they are released and run by gravity on to a collecting switch. The chalk is dumped from the trucks into a hopper which is provided with a 42-in. Stephens-Adamson pan-feeder. This automatically feeds the crusher.

The material is readily crushed to mill feed in one operation by a Dixie "Mogul" hammer mill equipped with movable breaker plates. These when wet prevent the material from clogging in the crusher. This crusher was chosen because of its movable plate, which is rather like a heavy pan conveyor. The plate links are very heavy and of manganese steel, and the plate is slowly moved upwards, independent of the hammer shaft, by a small 5-h.p. motor. The crusher is driven by a 250-h.p. motor, the truck hoist by a 17-h.p. motor, and the pan feeder by a 15-h.p. variable-speed motor through a James gear-reducer. The truck-dump, truck-pull, breaker plates, pan-feeder and crusher are operated from controls placed as in Fig. 4. The feed to the crusher is regulated by an ammeter on the crusher motor which indicates overloading when the pan-feeder is stopped or its speed reduced. The trucks can also be dumped gradually and held in any position as shown in Fig. 4. One man can control all the machinery in the crusher-house. This system of central control was worked out by the engineers, Messrs. Richard K. Meade & Co. There is a 10-ton hand-operated box-crane, which spans the entire building, for making repairs to the crusher. The crane runway is on the left-hand wall of the building, and on the ground floor is a bank of three 50-KVA transformers (2,300/440 V.) for the crusher-house.

Storage.

The crushed rock is conveyed from the crushing plant to either the storage or the mill building by a 32-in. troughed belt conveyor, approximately 400 ft. between head and tail pulleys, and with about 75 ft. lift over a 16 deg. rise. The belt has a capacity of 250 tons per hour, with carriers of the three-roller type and alemite lubrication. It is driven by a 40-h.p. squirrel-cage motor through a gear reducer. The belt is provided with a self-propelled tripper which can place chalk either into storage or into any of the bins which serve the raw mills. The storage is situated between the grinding mill and the coolers as shown in Figs. 1 and 2. This storage is 70 ft. by 240 ft. and 61½ ft. from ground to crane rail. It consists of a reinforced concrete runway on which a travelling crane operates. The latter was made by Pawling and

Fig. 5.—Raw material and Clinker Storage and Bins serving the Grinding Mills.

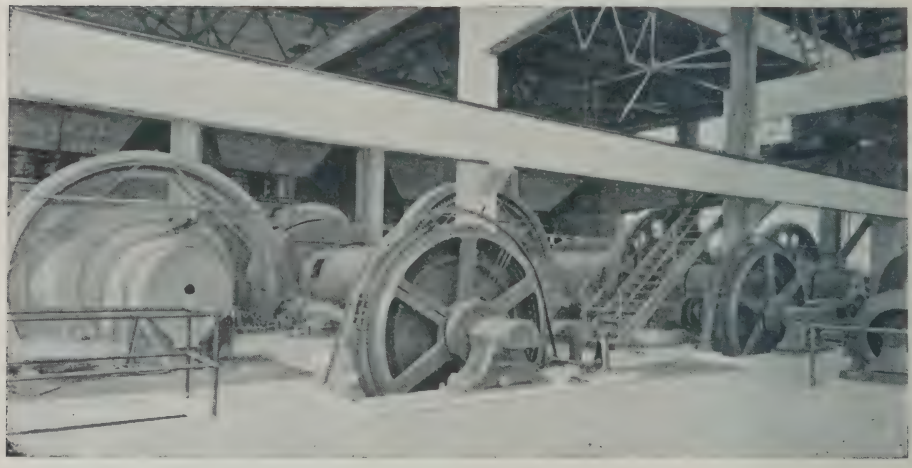


Fig. 6.—Mill Room, showing Grinding Mills and Super-synchronous Motors.

Harnischfeger, and has a span of 70 ft., a capacity of 7½ tons, and is equipped with a Williams 3½-cu. yd. clamshell bucket. Fig. 5 is a close-up view of the storage, mill bins, and crane.

The storage is divided into two parts, for clinker and chalk respectively, by a cross-wall which may be seen in the illustration. The bins shown below the bucket are those above the grinding mills. The crane operator's cage is at the left end of the crane beam. The belt conveyor is behind the crane rail at the right. The crane can deliver the material direct from storage into the bins or distribute material into any part of the storage. The storage will hold about 12 days' supply of raw material and about one month's production of clinker. There is also a large concrete bin for gypsum.

The use of reinforced concrete for the crane runway is made possible by the good footing provided by the soil on which the plant is built. The storage has no concrete side walls, but earth has been banked behind the columns so as to provide a sloping retaining wall.

Mill Building.

Both the raw mill and clinker mill are in the same building (to the left of the storage in Fig. 1). The grinding is done by four Allis-Chalmers "Compeb" mills. They have three compartments: the first is 8 ft. in diameter, charged with steel balls, and receives the material just as it comes from the Dixie crusher; the other compartments are 7 ft. in diameter and charged with "concavex," a grinding medium developed by the Allis-Chalmers Co., consisting of flattened and dished-out balls 1¼ in. and ⅞ in. respectively in the second and third compartments. The length of the entire mill is 40 ft. The first compartment has an outside screen which delivers the ground material from the first compartment. A scoop picks up the ground material and feeds it to the second compartment. Each mill is driven by an 800-h.p., 180 r.p.m. super-synchronous General Electric motor. These are directly connected to the pinion shaft of the mill, and no magnetic clutch is required between the motor and the mill. (Fig. 6 shows the mills and motors.)

The mills are fed by table feeders, two feeders to each raw mill. Two of the bins feeding the two outside table feeders of each mill are intended to hold the chalk which is high in lime, while a third bin between the latter two is designed to hold material low in lime, and this bin feeds the two inside table feeders. The proportions of the two materials are regulated by the table feeders. Similarly the clinker mills have three bins, the centre one of which is used for gypsum and the two outside bins for clinker. Like the raw mills, each clinker mill has two feeders. The two outside feeders are used for clinker and the two inside feeders, which are smaller, for gypsum. The two raw mill feeders are each driven by a 5-h.p. direct-current variable-speed motor. A small generator is connected to each of these motors and indicates at the panel board the revolutions per minute made by the feed table. The gypsum and clinker feeders are geared together, and each set of two feeders is driven by a 5-h.p. direct-current variable-speed motor. The feed to the mills can be regulated by the speed of the motor, either by adjusting the scrapers on the table or by raising and lowering the chute from the bins.

The mills are ventilated by a dust-collection system installed by the Northern Blower Company. This provides for about 3,500 cu. ft. of air passing through each of the two exhausters, which are driven by 20-h.p. squirrel-cage motors. The object of the system is partly dust collection, but it also provides ventilation for the mills by allowing a large current of air to sweep through them so that the temperature is suitable for efficient grinding.

Slurry Handling Equipment.

The slurry after being ground drops directly from the screens on the end of the mill into a receiving sump. This is fitted with a horizontal ribbon agitator driven by a 7½ h.p. squirrel-cage motor. The slurry is pumped from this sump into the correcting tanks by either one of a battery of two 4-in. Wilfley sand pumps driven by 15-h.p., 1,200-r.p.m. motors. These sand pumps are now used almost exclusively in America for handling slurry. After comparing the air-lifting system, which has been tried at several plants in America, American

Fig. 7.—Slurry Pumps, Motors and Sump.

engineers prefer the sand pump as the more efficient system because it requires less attention and repairs than the air lift. Fig. 7 shows the raw mill sump, pumps and motors.

There are six reinforced concrete correcting tanks 20 ft. in diameter by 30 ft. high. Each tank is provided with a Meade agitator which consists of a vertical shaft the upper 6 ft. of which is hollow and which has a hard rubber step-bearing. Each shaft is provided with five horizontal arms or sweeps. The hollow shaft carries air to a system of pipes which extends downwards, supported by the agitator arms. The contents of the tank are agitated by the sweep of the arms and also by the air bubbles which pass up from the end of the pipes. The pipes are so arranged that they describe different circles as they revolve, so that all

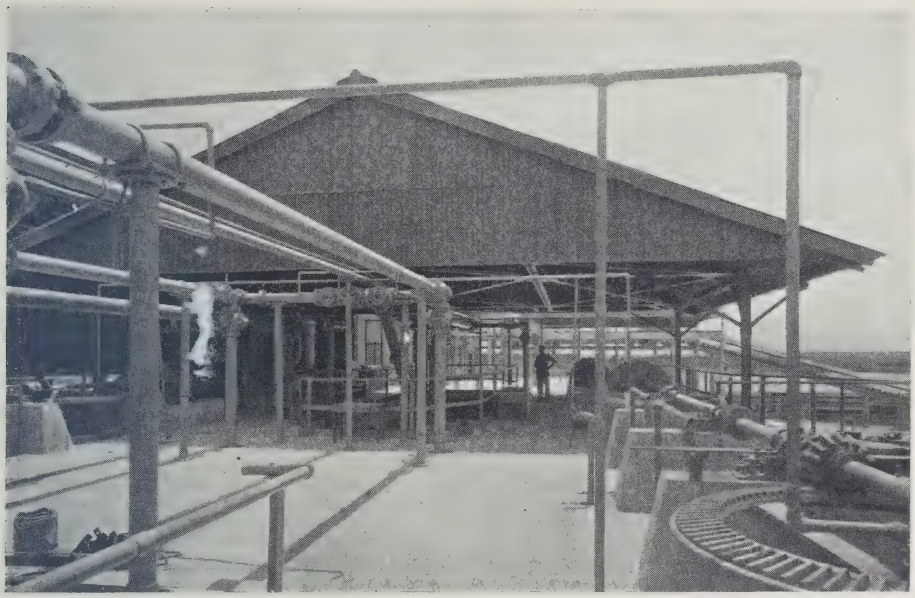


Fig. 8.—View on top of Slurry Tanks showing Drive Mechanism for Agitators, Slurry Lines, etc.

Fig. 9.—Kilns and Coolers.

parts of the tank are agitated. A steel rail hung by a short piece of chain to within a few inches of the bottom keeps the latter free from material. Fig. 8 shows the driving mechanism of the agitators and also the slurry lines and valves.

There are four kiln-feed tanks 24 ft. in diameter by 30 ft. high, equipped with Meade agitators. Slurry of correct composition is made by mixing two or more correcting tanks together in the kiln-feed tanks. After a kiln feed tank is filled

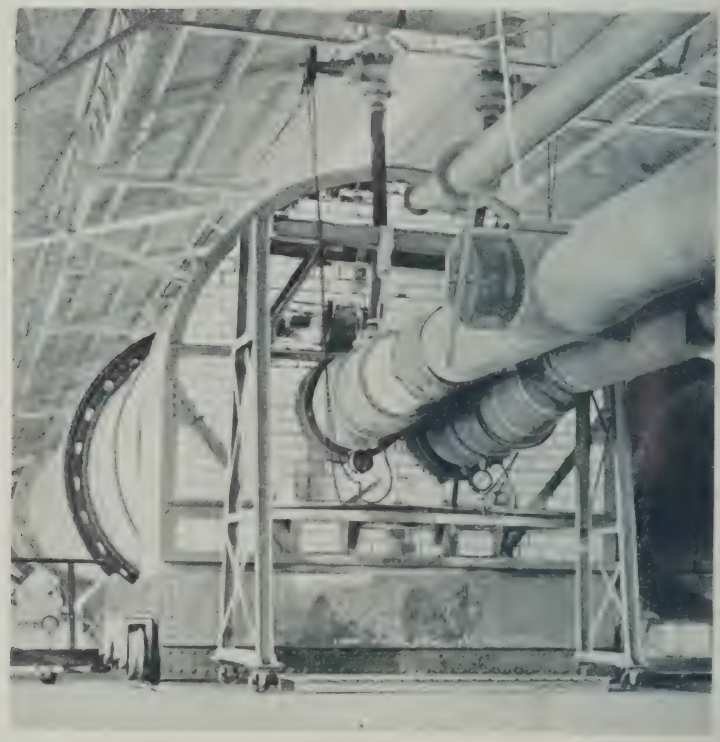


Fig. 10.—Arrangement of Gas Burners and Truck.

it is well blown to give proper agitation. After the tank is mixed the air is reduced until occasional bubbles show it is passing through the lines.

The Wilfley pumps will not handle slurry under a 30 ft. head, consequently it is necessary to run the slurry from the tanks into a sump and from this to the pumps. There is one sump for the kiln-feed tanks and one for the correcting tanks, and these sumps are also fitted with ribbon agitators. Two 4-in. Wilfley pumps are used for the kiln-feed sump and two 6-in. pumps for the sump after the correcting tanks in order to accelerate transfer. One pump is operated and one held in reserve for each sump. The slurry lines are so interconnected that slurry can be delivered from practically any tank to any other tank desired. All slurry lines are equipped with Merco-Nordstrom valves. These are lubricated, straight-way valves, and are generally used on slurry lines in America.

Kilns and Coolers.

There are two kilns, 11 ft. in diameter by 250 ft. long, with four supports. They have a rated capacity of 1,750 barrels each, but are expected to produce at least 2,000 barrels each. The kilns with the slurry-tanks in the foreground are shown in Fig. 9. Each kiln is fed by what is known as a " ferris wheel," consisting of a disc to which are fastened ordinary elevator buckets, which dip in a box of slurry and discharge into the spout which feeds the kiln. The kilns are lined in the clinkering zone with high alumina brick, and in the remainder with fire-clay brick. The stack chambers are of reinforced concrete insulated with heat insulating brick between the concrete and the brick lining. The kilns are heated by natural gas which enters the plant at a pressure of 200 lbs., and which is reduced to 6 ozs. at the burners in three stages : 200 lbs. to 50 lbs., 50 lbs. to 12 lbs., and 12 lbs. to 6 ozs. The reducers for the first two stages are situated, together with the meters, in two small houses about 200 ft. to one side

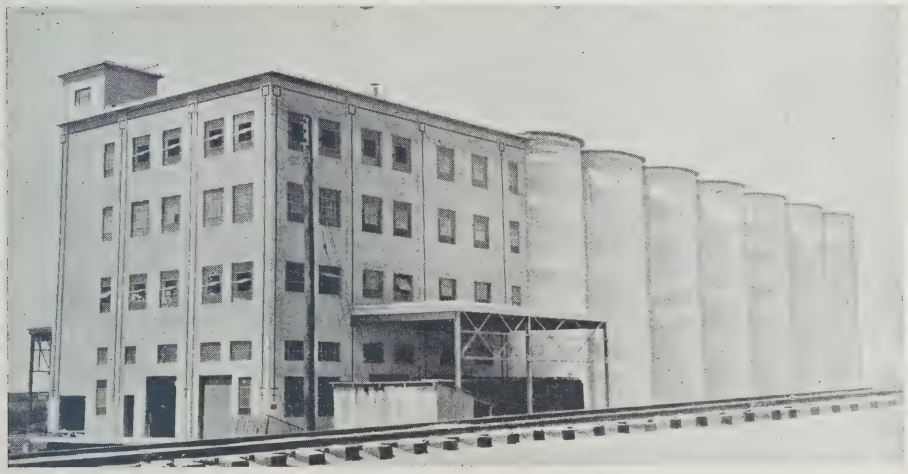


Fig. 11.—Storage for Cement, and Pack House.

of the kiln room; the reducer for the third stage is in the kiln room itself. Each kiln is equipped with two 23-in. Kirkwood gas burners suspended from a truck, and connected with both the air and gas lines by flexible tubing. Wash leather is used for the air tube and 4-in. rubber hose for the gas. This flexible setting allows the burners to be inclined at any angle to the centre line of the kiln (see Fig. 10). Leeds and Northrop pyrometers and draught gauges are installed in each kiln stack. Air for the burners is supplied by a 90-in. Buffalo blower.

The kilns are driven by 75-h.p. variable-speed direct current motors, and the ferris wheel feeders by 5-h.p. direct-current variable-speed motors. The feeders and kiln motors are so interlocked that when the kiln is stopped the feed is also stopped. The Buffalo blower is driven by a 100-h.p. 900 r.p.m. squirrel-cage motor.

There is also installed stand-by equipment for burning oil in case the gas supply at any time becomes inadequate. This consists of oil burners designed

by Meade, and the usual pumps to supply these. Air is supplied at 2 lbs. pressure by means of a General Electric direct-connected motor turbo-compressor. The oil burners are inserted in the openings in the hood used for gas, after the burners for the latter have been disconnected.

Each kiln has a reinforced concrete stack 9 ft. in diameter, 200 ft. high, connected to the kiln by a steel flue with a brick lining. The stacks are provided with sliding dampers for draught control. At present power is purchased, but provision has been made for installing waste-heat boilers. Should these be needed, the same stacks can be used by removing the present steel flue and making other connection.

Each kiln has a rotary cooler 10 ft. in diameter by 100 ft. long, driven by a 50-h.p. 900-r.p.m. motor. The coolers discharge directly into a clinker pit in the main storage; the pit will hold about 12 hours' production of clinker. The clinker is transferred from this pit either to the mill bins or elsewhere in the storage by crane and bucket.

Storage and Pack House.

The storage consists of 14 large silos, two small silos, and an intermediate bin. The large bins are 24 ft. inside diameter and the small ones 15 ft. The intermediate bin is approximately 15 ft. by 135 ft. The total capacity of the storage is 150,000 barrels. The arrangement of these bins is shown in Fig. 2. Three tunnels run through the silos, and the bins have Meade self-emptying bottoms. Screw-conveyors are used (one in each tunnel) to carry the cement from the silos to elevators which convey it to the bins above the packers. There are two of these elevators, one of which is a stand-by. The packing-house and silos are shown in Fig. 11.

The packing-house is fitted with four Bates 4-spout packers, and arrangements are made for packing either in lorries or trucks. A loading belt-conveyor carries the filled bags from the packers to the railway trucks. Return bags are received on a special platform and track from whence they are raised by means of a platform elevator (supplied by the Otis Elevator Company) to the third floor of the pack-house, where the bundles are opened and the bags fed to the cleaner. The bag cleaner is of the continuous type, the bags being fed in at one end and dropped out at the other. It is simply an inclined screen of heavy wire cloth through which the bags pass. The screen is provided with tumblers which pick the bags up and drop them. A current of air which discharges into a dust collector is passed through the screen, carries away the dust and gives clean bags. The latter drop on to a slow moving belt and are sorted by hand. A system of screw conveyors handles the dust from the cleaner, dust collectors, and spill from the packers, etc. The bag-cleaning wheel was made by the Monarch Bag Company, and the dust-collection system supplied by the Northern Blower Company.

Electrical Equipment.

Power is received at 13,200 volts (3 phase, 60 cycle) and transformed first to 2,300 volts by means of three 3,750 k.v.a. outside transformers, at which voltage it is distributed to the various departments of the plant. All large motors (above 100 h.p.) are 2,200 volts, and small motors 440 volts. Banks of three transformers at various places round the plant reduce the voltage for the smaller motors. Variable speed motors are all direct current. For lighting there are

three 37½ k.w. transformers with storage battery and automatic change over. There are two motor generator sets for furnishing direct current for exciting and for the kiln motors, etc. There are 75 to 80 motors in the plant aggregating 6,600 h.p. Present requirements are about 18 k.w.h. per barrel of cement.

The switchboard is situated behind the mill room (see Fig. 12). It is 49 ft. long, with panels for various departments. The synchronous motors are started from this switchboard. The oil switches, general switchgear, compensators, and transformers are in the basement.

In order to reduce peak-loads to a minimum, the switchboard is fitted with an Edmoore demand limitator, so arranged that when the demand rises to a certain point the compressors are first unloaded one at a time. If this does not reduce the load below the desired peak, one of the raw mills, and finally the other, is unloaded in succession.

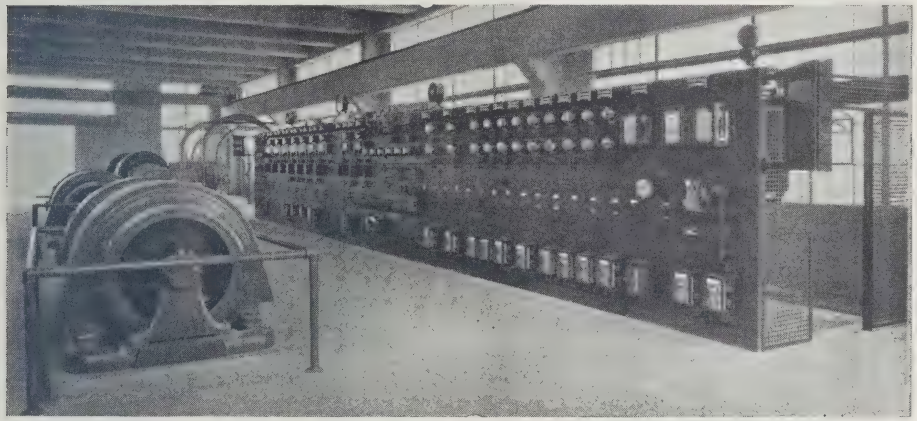


Fig. 12.—Switchboard and Motor Generator Set.

Practically all American mills to-day are employing synchronous motors for driving tube mills. The General Electric type of supersynchronous motor which is used here has a stator which rotates at the start and is phased-in with the rotor stationary. The stator is fitted with a band-brake around it. Upon application of this brake to the stator frame, all the pull-out torque becomes available to bring the rotor and mill up to speed, while slowing the stator to a standstill. These motors are started from the main switchboard, which is in the mill-room just behind the motors. (The compeb mills and synchronous motors are shown in fig. 6.) A 5-ton hand-operated box-crane is installed above the motors, etc., as shown in Fig. 12.

Miscellaneous.

The kilns, coolers and grinding machinery were supplied by the Allis-Chalmers Mfg. Co., Milwaukee, Wis., and nearly all the electrical equipment by the General Electric Co.

The officers of the company are Messrs. J. H. Smith (President), Wm. M. Thornton (Vice-President and General Manager), B. R. Collins (secretary), L. O. Cox (sales manager), A. F. Sayers (general superintendent), and G. P. Horn (chemist).

Waste-Heat Boilers.

By A. C. DAVIS, M.Inst.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.

(Works Managing Director, Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.)

The waste-heat boiler as applied to cement works has been developed chiefly in the United States of America, by reason of the more general use there of the dry process, with its large surplus of heat in the kiln gases. Installations also exist in dry-process works on the Continent.

The first installation on record was in 1902 at the Cayuga Lake Cement Company's plant, but this and several more of the early plants were unsuccessful owing to difficulties with the dust and the absence of fans for providing the increased draught required. There appear to have been three successful plants in 1915, and in 1921 waste-heat boilers were beginning to be regarded in the U.S.A. as almost a normal part of a cement works' equipment when operating on the dry process.

The gases from a dry-process kiln seldom, if ever, escape at a temperature lower than 1,200 deg. F., and under these circumstances the waste heat is —or was until a few years ago—in many cases sufficient to provide all the power required for manufacture. This is dependent on the raw materials not being unduly hard and containing very little moisture, so that the heat required for drying is moderate in quantity. In some cases this drying can be done with the waste gases after they have passed through the boilers. The case is not quite so strong under modern conditions, owing first to the use of longer kilns, resulting in lower coal consumption, and also to the development of finer grinding, which calls for a much greater consumption of power.

There are several comparatively modern works in the U.S.A. using the wet process, in which waste-heat boilers are understood to provide all the steam required with efficient turbo-generators and electric drives throughout, but it is very doubtful if this object is attained without burning more coal in the kiln than is necessary for clinker production in the best modern practice.

All installations for the utilisation of waste heat demand special care in the design and operation of the works, owing to steam production being entirely dependent on the operation of the kilns. It is necessary to arrange the plant so that the load is regular, and so that stoppages of the kilns (which should, of course, be few) will not prevent the maintenance of full output in other departments. It is generally desirable to have one coal-fired boiler under steam to balance the load and carry on the essential operations during kiln stoppages.

There has been much controversy as to the relative merits of the unit system (one kiln, one boiler) and one involving a connecting flue which acts as a collector for all the gases from the kilns and a distributor to the boilers. The latter arrangement undoubtedly affords greater flexibility, but some additional loss of heat is inevitable, and in many cases the cost of the flues and the necessary connections and dampers appears to be excessive in relation to that of the boilers themselves. Such flues require careful designing in order to provide adequate passages for the hot gases, and at the same time to minimise loss of heat through the flue walls. In most plants there is an external steel casing, with a layer of insulating bricks between it and the fire-brick lining.

At one works visited in 1921 it was stated that the loss of temperature between the kilns and boilers was only 20 deg. F. In this installation the

connecting flue, which was common to all the kilns, was particularly elaborate, and the loss of heat appeared to be remarkably small—a result obtainable only with the most careful design and construction.

Where the unit system is adopted, a by-pass is desirable to maintain continuous kiln operation in the event of the boiler having to be shut down. The omission of a by-pass has in some cases caused considerable inconvenience,

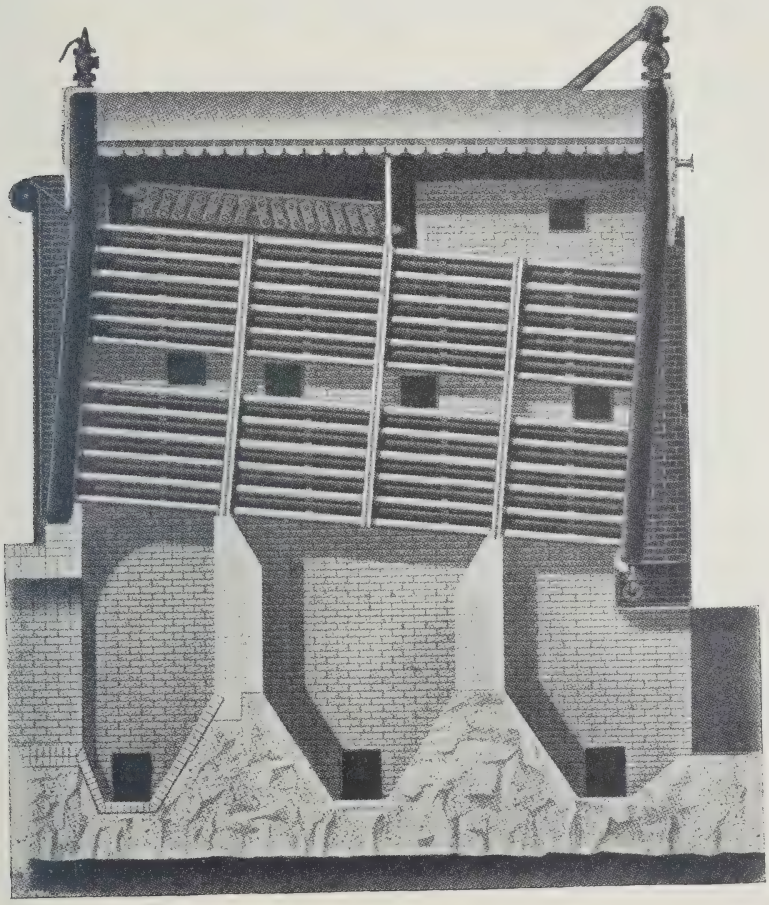


Fig. 1.

but if it is provided the unit system has much to commend it, on account of its simplicity, and consequently lower capital cost, as well as the greater efficiency due to lower heat loss in the connecting flues.

In the early days of the waste-heat boiler there appears to have been a tendency to burn excessive coal in the kiln to increase the steam production. At one time it was even the practice at some plants to adjust the air supply to the kilns so as to produce about 5 per cent. of carbon monoxide in the gases. With kilns working on the dry process the temperature at the back end was high enough to cause combustion of the carbon monoxide when additional

air was admitted between the kiln and the boiler, thus further raising the temperature of the gases at this point. In some cases these practices were probably necessitated by the fact that old-fashioned power plant was still being used, and they became unnecessary as this was replaced by modern turbines with lower steam consumption.

The use of excessive coal in the kiln in order to make steam is, of course, misleading as regards the coal consumption for burning only, but it does not necessarily follow that the practice is really wasteful. If the coal supply fed to the kiln were reduced the steam thus lost would have to be made up from

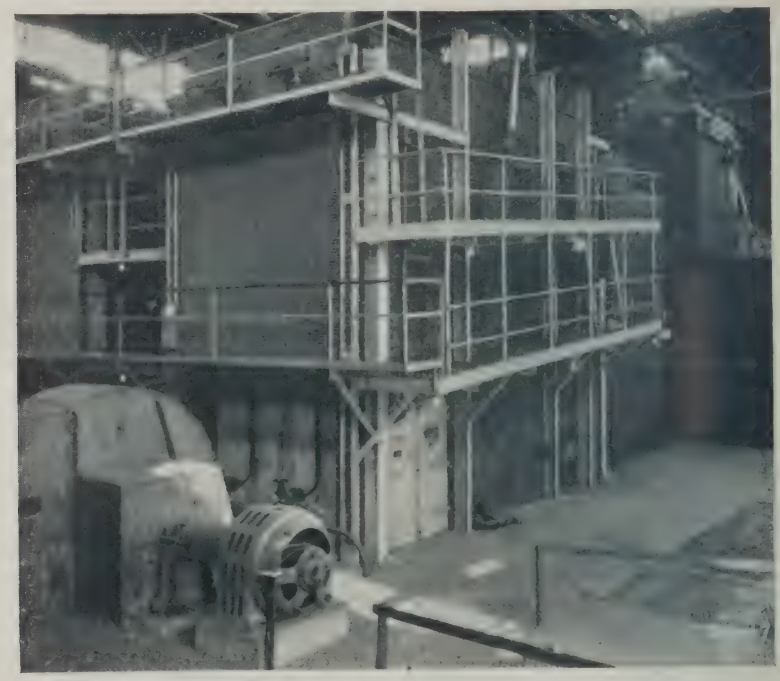


Fig. 2.

separately-fired boilers. Now it is recognised that in the rotary kiln the combustion of the coal takes place under the best conditions, enabling the operator to avoid producing carbon monoxide while using a minimum of excess air. A boiler is not so favourably situated in this respect. The combination of the rotary kiln and waste-heat boiler might therefore be considered as providing ideal conditions for combustion, with boilers entirely removed from the furnace and therefore subject to a minimum of deterioration. Each case must be considered on its merits, and when the total fuel for both burning and power is considered there may be cases where the combination appears attractive, even if more coal is burnt in the kiln than is necessary for clinker production only.

The question of dust requires special consideration, and it is the practice to fit steam jets to remove dust from the heating surface at least once a day.

In some cases fixed jets were originally provided, but they resulted in impingement at definite points causing local erosion. Portable lances are more satisfactory, and, if suitable openings for their use are provided and the lances intelligently used, no difficulty need be anticipated from dust.

In England the waste-heat boiler has not been generally adopted for many reasons. The chief of these is, no doubt, the almost universal use of the wet process of manufacture, which was in turn dictated by the soft and wet nature of the raw materials commonly used. In some of the older works the arrangement of the plant would have made the application of the system difficult,

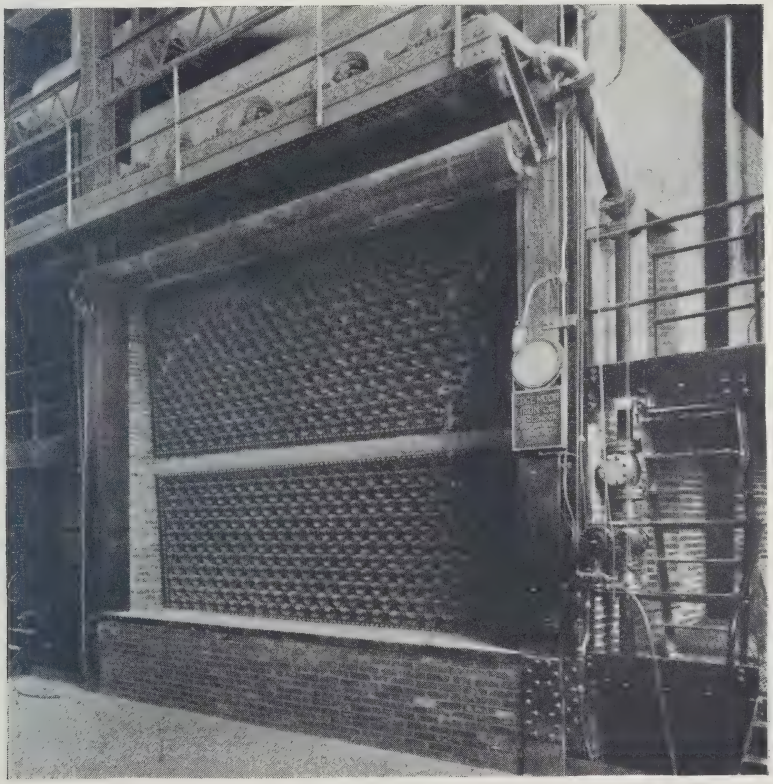


Fig. 3.

and the full advantages could not be gained without at the same time installing electric generators with motor drives. Such an installation involves very heavy capital expenditure which might not show an adequate return.

With the temperature at which the gases were allowed to escape a few years ago, even from wet-process kilns, waste-heat boilers were not an unattractive proposition under suitable conditions, but other factors have arisen. Whereas in the dry process no other use can be made of the heat in the gases available after the dissociation of the calcium carbonate, in the wet process no theoretical limit for fuel economy is reached until the gases are reduced to the boiling point of water. The useful application of this low-grade heat in the kiln presents

difficulties, but great developments have taken place in the last few years, and it is now possible in many cases to reduce the temperature of the gases in the kiln to almost as low a figure as can be economically secured in a waste-heat boiler.

In the consideration of the relative cost and advantages of the two methods of utilising the heat many factors are involved. The decision may, however, be affected by a reason outside the technical range but of considerable financial importance, namely, the purchase of power from outside sources. Only a few years ago it was impossible to buy power at prices comparable with the actual cost of generation at the works, even with plant of moderate efficiency, but with the advent of the super power station and long-distance transmission both the cost of power delivered to the works and the security of supply are

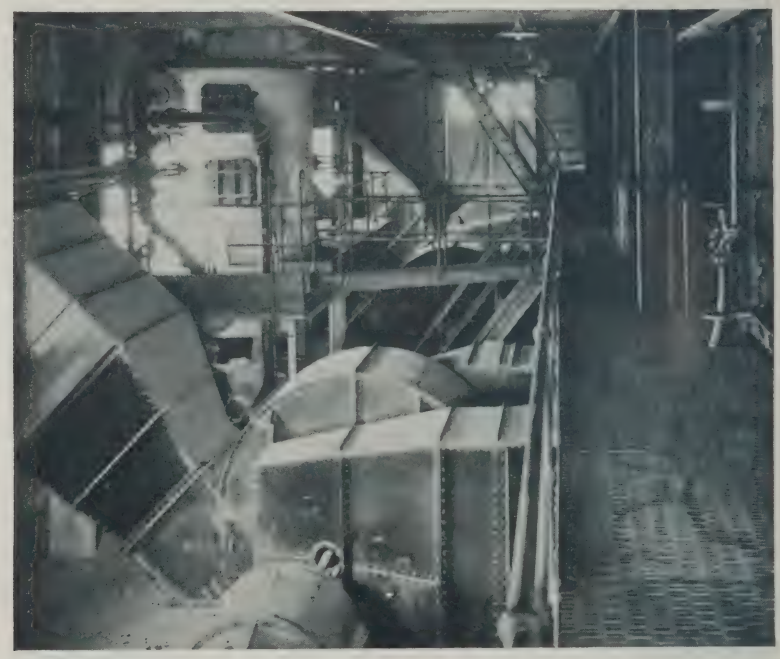


Fig. 4.

such that manufacturers may avoid the heavy capital expenditure involved in power plants and the trouble of running them.

Boilers installed for the recovery of waste heat may be of the water-tube or gas-tube type. The former was developed in the United States very largely by the Edge Moor Co., and also by the Babcock & Wilcox Company. A section through a boiler of the water-tube type is shown in fig. 1, from which it will be noted that the boiler tubes are baffled to give the gases four passes, thus ensuring a high velocity in passing over the tubes.

A typical illustration of this type of boiler in connection with a wet-process plant is given in fig. 2, which refers to a plant installed by the Dewey Portland Cement Company near Davenport, Iowa. Two kilns, 11 ft. by 175 ft., with a capacity of 250 tons per day each, were erected in 1926, and a third in

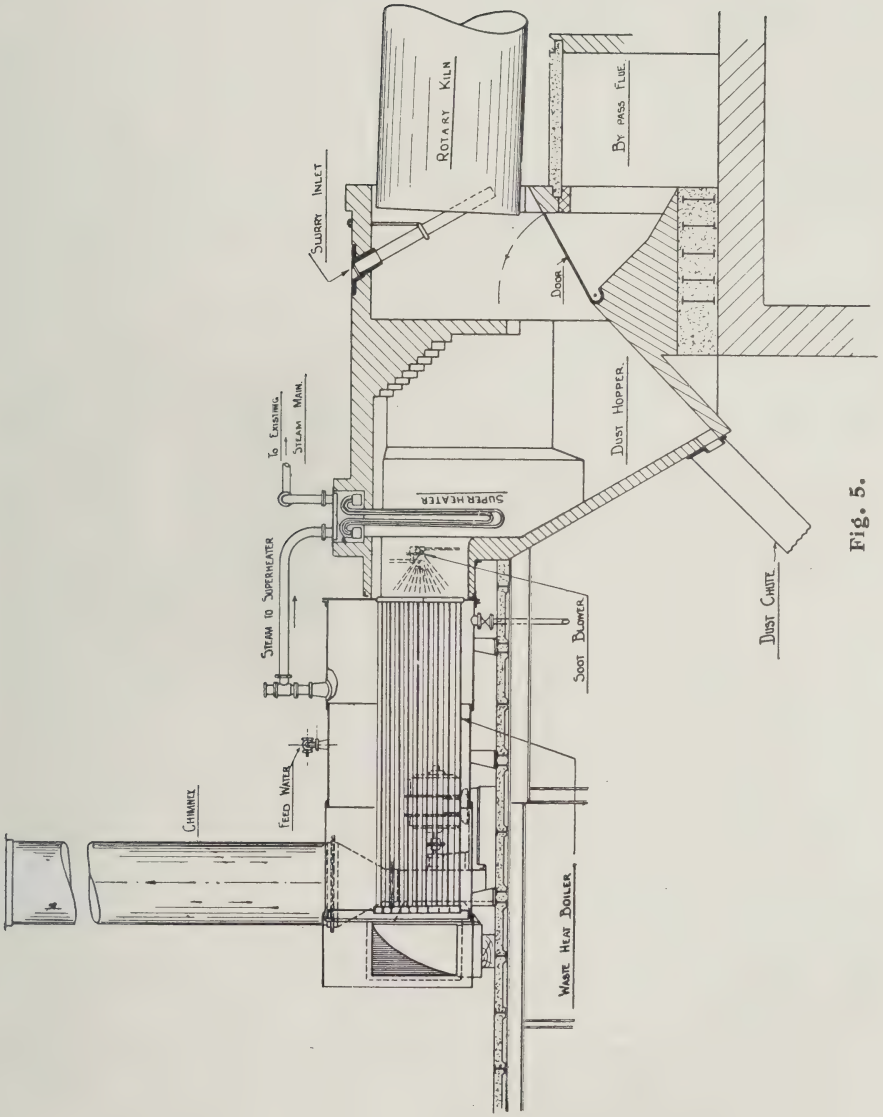

Rotary Kiln
By pass Flue
Slurry Inlet
Door
To Existing Steam Main
Dust Hopper
Superheater
Steam to Superheater
Soot Blower
Dust Chute
Chimney
Feed Water
Waste Heat Boiler

Fig. 5.

1929. Each of these kilns is equipped with a 900-h.p. Edge Moor four-pass boiler with economisers, superheaters, and fans. This plant is reported as providing all the power necessary for manufacturing purposes, including electric shovels and stone crushing. Fig. 2 shows the first two boilers; the dust chamber can be seen between the kiln and boiler. In this case the economiser is placed underneath the fourth pass. On the right is seen a space reserved for the third boiler, which has since been installed.

At the Marquette Company's Works at Oglesby there are eight 1,000-h.p. Edge Moor boilers with economisers, superheaters and fans generating steam from the waste gases of kilns, which produce 1,300 tons of cement a day, and a further plant, consisting of two 11 ft. by 200 ft. kilns, producing 800 tons a day has been added. The last two kilns were equipped with three 1,500-h.p. Edge Moor boilers with economisers, any two of which are sufficient to make full use of the waste gases. The eleven waste-heat boilers on these two combined works are stated to be the only source of steam available, with a power plant which supplies all power necessary for mining and other departments, as well as for the actual manufacture. Fig. 3 shows the arrangement of these boilers with the shutters open, giving access to the tube caps, and fig. 4 shows the economisers and fans.

For small installations the gas-tube boiler has some advantages over the water-tube type, the chief being the substantially lower cost due to the simpler setting and the absence of infiltration of air around the boiler heating surface. Difficulties arise, however, with large units on account of the shell thickness required. Fig. 5 shows a sectional view of a gas tube boiler installed at one of the works of the Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., in 1923, in connection with a small kiln then running, which produced 3½ to 4 tons of clinker per hour with slurry containing 42 per cent. of moisture. The simplicity of the arrangement is noticeable, and this comparatively small unit proved satisfactory and economical. During starting moisture was condensed from the gases in the tubes, which collected the dust and formed cakes, but this trouble was eliminated by bringing the water in the boiler to a temperature slightly over boiling by means of steam from other boilers before the waste gases were passed through the tubes. After this precaution no other trouble was experienced with dust, which was blown out of the tubes periodically by steam jets carried on a swivelling pipe, as shown in fig. 5.

An elaborate series of tests was carried out on this installation, and over a period of eleven weeks with an average gas temperature of 758 deg. F. at the superheater inlet the average evaporation was 985 lb. of steam per ton of clinker at a pressure of 130 lb. per sq. in. and a temperature of 485 deg. F.

The laws governing the transfer of heat in such gas tubes were very fully investigated by Lowford H. Fry, and the results of his investigation are given in a paper read before the American Society of Mechanical Engineers, December, 1917. The tests made on the boiler described fully confirmed the accuracy of Fry's Law.

Conversion of Measurements in Translations.

In all translated articles, units of weight, measure, etc., are converted approximately into English or metric units.

The Rotary Kiln in Cement Manufacture.—III.

By W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

DESCRIPTION OF A ROTARY KILN TEST.

It is now proposed to describe in detail a test for six days of a typical wet-process rotary kiln. A general plan of the plant is shown in Fig. 17. The coal store is a plain shed with a concrete floor. The coal is delivered in railway wagons, the rail level being about 10 ft. above the coal store floor. In ordinary working the coal is not weighed; it is wheeled in barrows to the 9 in. by 24 in. crushing rolls. There is no feed gear. The rolls are set about $1\frac{1}{4}$ in. apart, and serve to break up the larger lumps. The coal is elevated and delivered directly to the drier without any intervening hopper or feeder. The coal drier is 5 ft. diameter and 50 ft. long. It is heated by a separate furnace.

From the drier the coal is elevated to a hopper of 1 ton capacity over the ball mill. Each tube mill is provided with a small hopper of 250 lbs. capacity only, and an arrangement is provided to pass the ball mill delivery to any two of the mills.

Leaving the tube mills, the fine coal is elevated to a powdered-coal hopper 12 ft. 6 in. in diameter and holding 20 tons.

The coal is delivered from the hopper by a feed gear similar to that shown in Fig. 4*. The screws are each $4\frac{3}{4}$ in. diameter by 2 in. pitch, and the speed variation is from 100 to 150 r.p.m.

Rotary Kiln.—The kiln is 8 ft. 6 in. in diameter and 202 ft. long, with a clinkering zone 10 ft. in diameter and 40 ft. long. The firebrick lining is 8 in. thick in the clinkering zone, followed by 55 ft. of lining 6 in. thick and 92 ft. of lining $4\frac{1}{2}$ in. thick. The volume inside the lining is 9,354 cubic feet.

The kiln has two speeds obtained by two sets of fast and loose pulleys; fast speed 0.95 r.p.m.; slow speed 0.76 r.p.m. The slope of the kiln is 1 in 25.

There are no slurry lifters, but there are 150 cast-iron brackets in the last 95 ft. of the kiln. The brackets are 3 in. wide and project 12 in. from the face of the firebrick. The total exposed surface is only 75 square feet.

Rotary Cooler.—The cooler is generally 5 ft. 6 in. diameter inside the shell plates, and 67 ft. long over all. There is an enlarged end 7 ft. in diameter and 8 ft. long. Slope of cooler, 1 in 16.7. R.p.m. of cooler, 3.16. The internal arrangements of the cooler will be further described when dealing with the cooler-shell radiation. Owing to the configuration of the ground the cooler is placed at right-angles to the kiln.

Clinker Chute.—The connection between the cooler and kiln is shown in Figs. 18 and 19. There is a gap between the cooler end and the face of the wall through which a certain amount of cold air enters the kiln, and 3 to 4 per cent. of the hot clinker is spilled out on to the ground. Originally there was

---

* For Figs. 1-7, see January number; Figs. 8-16, see March number.

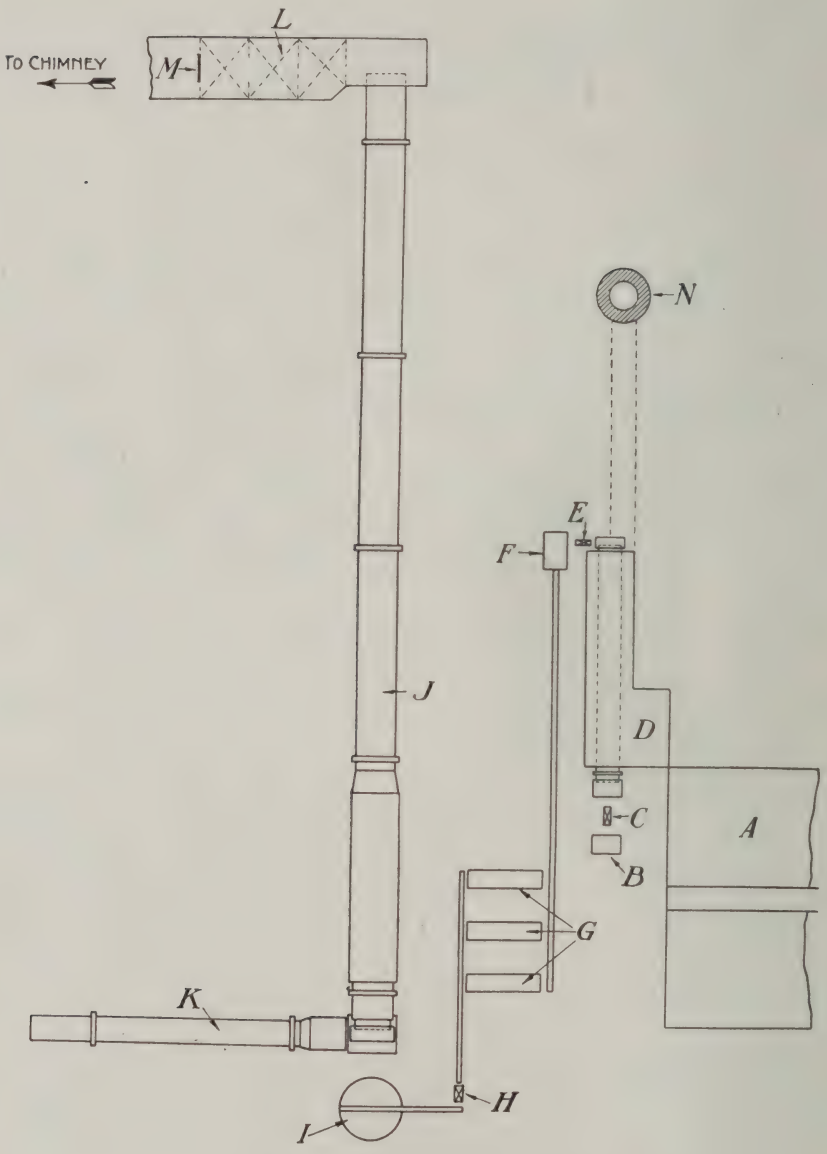


Fig. 17.—Key Plan of Works.

A—Coal store; B—Coal rolls; C—Elevator; D—Coal drier with furnace; E—Elevator; F—Kominor; G—Tube mills; H—Elevator; I—Powdered coal hopper; J—Rotary kiln; K—Cooler; L—Dust chamber; M—Kiln damper; N—Chimney for coal drier.

TEST SHEET for KILN.

Kiln diameter inside shell, 8 ft. 6 ins. ; ***length,*** 202 ft. 0 in. ***Clinkering zone,*** 10 ft. 0 in. dia. inside shell, by 40 ft. long. ***System***—Chimney Draught.

Date.	KILN			SLURRY			RAW COAL			FINE COAL			CLINKER	WASTE GASES			TEMPERATURES		
	Time available for running. Minutes.	Actual running time. Minutes.	Kiln average. R.P.M.	Water. Per cent.	$CaCO_3$ per cent. Free of organic matter.	Residue on 180².	Amount weighed to drier. Tons.	Moisture entering drier. Per cent.	Moisture leaving drier. Per cent.	Residue on 180².	Residue on 100².	Calorific value B.T.U's. per pound. Dry.	Tons per hour; reckoned dry.	CO_2.	O_2.	CO.	Clinker leaving cooler. Fah.°	Kiln exit gases. Fah.°	At base of Chimney. Fah.°
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
12 Noon July 14 to 12 Noon July 15	1440	1308	0.91	44.3	77.1	7.0	52.70	1.90	1.10	10.0	0.31	13,380	7.15	17.9	7.0	None	304	930	605
12 Noon July 15 to 12 Noon July 16	1440	1360	0.93	45.0	77.1	7.3	56.00	1.92	1.19	12.3	0.50	13,640	7·05	21.1	4.5	do.	291	918	597
12 Noon July 16 to 12 Noon July 17	1440	1354	0.91	45.0	76.7	6.7	49.00	1.87	1.11	8.6	0.24	13,980	7.04	21.4	4.3	do.	303	876	602
12 Noon July 17 to 12 Noon July 18	1440	1319	0·91	44.7	76.6	6.3	46.50	1.86	0·98	8.6	0·21	13,430	6.96	22.8	3.2	do.	297	894	583
12 Noon July 18 to 12 Noon July 19	1440	1330	0.90	44.7	76.5	6.4	45.00	1.82	1.08	7.4	0.47	13,480	6.75	19.8	5.5	do.	291	840	583
12 Noon July 19 to 12 Noon July 20	1440	1325	0.91	44.2	76.5	6.5	33.60	1.73	0.88	7.2	0.46	13,170	6.90	23.3	2.8	do.	304	846	575
Averages ...	—	(hours) 133.3	0.91	44.6	76.7	6·7	282.80	1.85	1.06	9.02	0.36	13,513	6.97	21.1	4.5	None	298	884	591

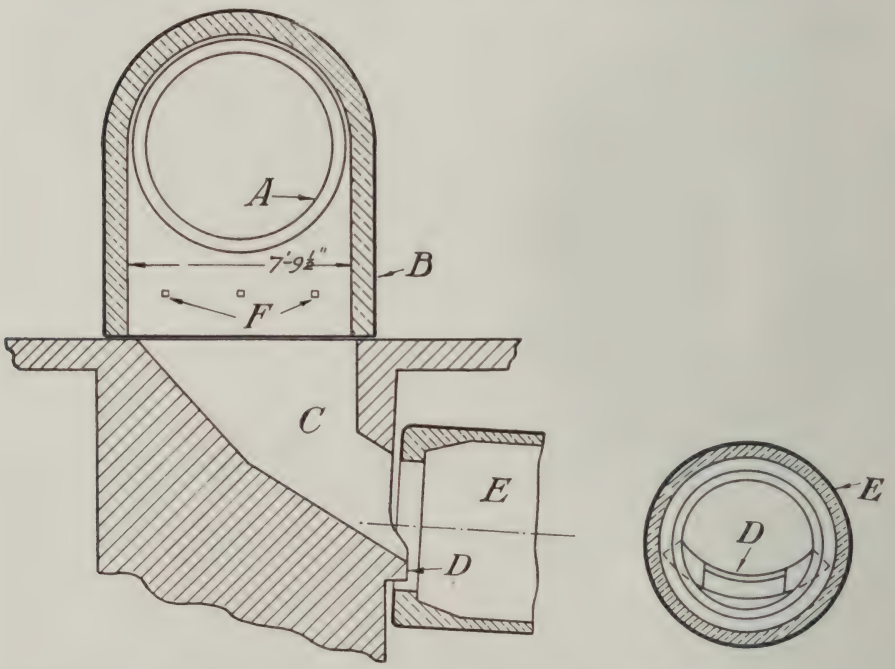
a cast-iron clinker chute lined with firebrick, but this was removed and the arrangement shown on Figs. 18 and 19 substituted. The minimum area of the clinker chute, in cross section, is 9 sq. ft.

Slurry Feed.—A rotary feeder is provided similar to that shown in Fig. 3. The extended shaft of the feeder projects over the end of the kiln, and it is driven by a belt from the kiln shell. The kiln-burner increases the feed at times by putting a block of wood in the overflow pipe.

Coal Firing Nozzle.—This is a plain pipe of 6 in. bore, projecting 16 in. into the end of the kiln.

Horse Power Required.—The average horse power used is: kiln, 33.0; cooler, 8.0; coal-firing fan, 4.0.

Kiln Flues and Chimney.—Leaving the kiln, the waste gases pass through a



Figs. 18 and 19.—Clinker Chute and Cooler End: Two Views.

A—Kiln end; B—Kiln hood; C—Firebrick clinker chute; D—Projecting lip; E—Cooler end; F—Gauge openings in front of kiln hood.

dust chamber of 4,700 cu. ft. capacity, which intercepts about 0.45 tons in 24 hours. The chimney is approximately 300 ft. high.

Kiln Test Sheet.

Referring to the Kiln Test Sheet, it will be seen that the period was six days only, the figures being made up to 12 noon on each day.

The coal was weighed from the store in barrows, over a platform weighing machine in 2½ cwt. lots, and then tipped to the coal rolls.

Previous to starting the test, the coal drier was run without feed for 1 hour, the ball mill hopper was run empty and scraped out, and the ball mill and tube mills were stopped on full feed immediately the hopper was empty. The upper surface of the coal in the large fine-coal hopper was levelled, and the depth from the top measured at 12 noon when the test started. At the end of the test all the conditions were observed again, so that the only correction to be made to the amount of coal weighed was that for the difference in level in the fine-coal hopper at the beginning and at the end of the test.

Referring again to the test sheet, the actual running time of the kiln in column 2 is obtained in the first instance from the burner. The burner on each 8-hour shift records the time the kiln is stopped and the reason for the stoppage. A speed recorder was driven from one of the shafts of the kiln driving gear, and, the kiln stoppages being recorded on the chart, a check on the kiln running time is thus obtained.

A sample chart is shown in Fig. 20. It shows clearly when the kiln was on the fast speed and when on the slow speed, also the duration of the stops.

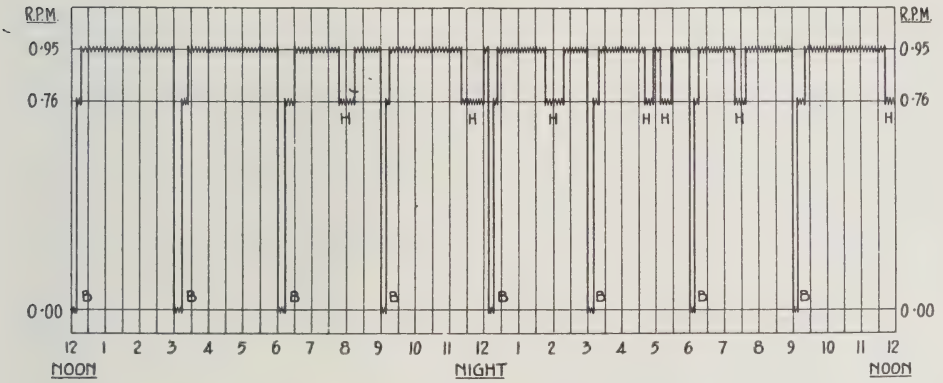


Fig. 20.—Kiln Speed Chart.

It will be noticed that after each stop the kiln was placed on the slow speed (but with full coal feed) for a short period in order to warm up. The kiln stops shown every three hours (marked B on chart) were made for the purpose of obtaining the actual delivery of the coal-feed screws per 100 revolutions. For this purpose a by-pass arrangement with deflecting valve was fitted, so that the coal leaving the feed screws could be delivered into a bag for about one minute and then weighed. The number of revolutions made by the coal-feed screws was recorded by a counter throughout the test.

In this manner a figure was obtained for the average weight of fine coal discharged per 100 revolutions of the feed screws. This figure multiplied by the total number of revolutions made should give the weight of dry coal entering the kiln. Making suitable corrections, there was close agreement on this particular test between the weight of coal so estimated and the weight of raw coal used as obtained by weighing. Such close agreement, however, was not always obtained.

The periods for which the kiln was on slow speed, independently of those due to the coal by-pass arrangement, are marked H on the chart. They are

relatively few in number, and would probably have been less but for the disturbance to the working of the kiln caused by the coal by-pass stoppages.

The general conclusions drawn from the chart are that the kiln speeds were suitable for the slurry feed used, and that the coal feed and the slurry feed were both uniform in working.

At some plants a similar chart showed that the kiln speed was changed two or three times per hour, thus indicating an irregularity in working which had to be traced.

Column 3.—A revolution counter was driven from a shaft of the kiln-driving gear, the ratio of the r.p.m. of the shaft to that of the kiln being known. The counter was read at 12 noon daily, and from the total number of the kiln revolutions in 24 hours and the actual running time the average r.p.m. of the kiln were obtained.

The slurry data, as recorded in Columns 4, 5 and 6, is obtained by the chemical staff at the works as part of their routine, which goes on whether a kiln is being tested or not. The method of obtaining the data in Columns 7 to 12 has already been described.

Column 13.—The clinker leaving the cooler fell into a rotary weigher of the type indicated in Fig. 8. The delivery from each compartment was checked several times daily on a platform weighing machine, and was found to range from 64.2 to 66.9 lbs. Leaving the rotary weigher the clinker was elevated, and it was found convenient to deliver it into trucks of 24 in. gauge. It was then re-weighed over a platform weighbridge, the total weight for the six days being thus obtained. An average delivery of 65.3 lbs. per compartment was deduced for the rotary weigher.

Columns 14, 15 and 16.—The waste-gas analysis was made by an Orsat apparatus at regular intervals throughout the day.

Columns 17, 18 and 19.—The temperature of the clinker leaving the cooler was obtained by catching the discharge in a wooden box of 6 in. cube and inserting a mercury thermometer. Considerable care is necessary, otherwise the reading obtained is too low. The kiln-exit gas temperature was taken on a single-thread recorder.

The temperature at the chimney base was observed at regular intervals by a pyrometer and portable indicator, and the readings averaged for a daily result. In this case the connecting flue between the kiln and chimney is of exceptional length, viz., 95 yards, and the fall of temperature between the kiln exit end and the chimney base, due mainly to the inleakage of cold air, will be noted.

(*To be continued.*)

Notice.

All articles published in CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE, in whatever language, are strictly copyright and may not be reprinted in other journals or in the form of catalogues without the permission of the proprietors, Concrete Publications Limited, 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, England.

Cement "Complaints."—II.

By H. A. HOLT.

(*Continued from February number.*)

A complaint was investigated in which reinforced concrete lintels rendered with cement mortar had failed in that the rendering had come clean away. On analysis it was found that the concrete of the lintel contained 14.5 per cent. of coal derived from the breeze aggregate, while the rendering had been applied in one coat and was so heavy that in places it had pulled away from the backing. This backing had expanded due to the oxidation of the coal, and had destroyed what little adhesion the rendering had.

A similar failure was investigated in which glazed tiles had come away from a rendering. This rendering was alleged to be the cause of the trouble. Actually it was due to the aggregate of the backing containing 3 per cent. of coal, which in expanding had pushed away the rendering and thereby loosened the tiles.

The harmful effect of coal in an aggregate is to some extent reduced if the concrete be made sufficiently dense to preclude air and moisture, so that the coal is not so readily oxidised. Coal is, of course, almost solely found in coke breeze and such similar aggregates as are used in lightweight porous concrete which is subsequently rendered with mortar. It depends on this mortar how soon the oxidising agents, i.e., air and water, have access to the backing.

It is, however, unwise in any case to use aggregates containing anything more than a trace of easily oxidisable coal, since concretes made from such aggregates are liable to expand on setting. If setting expansion is suppressed by rapid drying out of the concrete, expansion will probably occur later when the concrete becomes wet from atmospheric and other causes.

As with coal, the detrimental effect of sulphides in aggregates is not so marked if the concrete is very dense and impermeable. A pre-cast concrete kerb which had been in use for a considerable time was tested, and so far as strength and soundness went was found to be of first-class quality. On analysis, the slag which had been used as the aggregate was found to have contained sulphides well in excess of the considered safe limit. The kerb, however, had been consolidated on a vibrator, and was practically impermeable.

A basic slag which was crystalline, hard, and well graded but which contained 2.5 per cent. of sulphur as sulphide was made into cubes with a 4 : 1 mix. These were tested at seven days and compared with similar cubes made of good sand and the same cement. The slag cubes showed only 40 per cent. of the strength of the sand cubes.

Sulphides are frequently found in spars, often combined as zinc sulphide, which is a disastrous constituent. Five specimens of faulty concrete were found, on test, to contain zinc and sulphur as sulphide undoubtedly in combination:

	Zinc.	Sulphur as Sulphide.
1st case	5.26 per cent.	2.22 per cent.
2nd ,, ...	1.22 ,,	4.36 ,,
3rd ,, ...	5.98 ,,	2.30 ,,
4th ,, ...	2.94 ,,	1.43 ,,
5th ,, ...	3.32 ,,	1.63 ,,

In every case when the concrete was two days old it was not properly set and could easily be broken between the fingers. Furthermore, the concrete at this period showed a high uncombined moisture content. The subsequent hardening was in nearly every case slow. Other zinc salts, such as zinc carbonate and zinc oxide, have disastrous effects upon concrete.

Lead sulphide is also found in some spars and is almost as unstable as zinc sulphide. Concrete is affected in various ways according to the metal with which the sulphur is combined as sulphide, but in nearly all aggregates containing sulphur the sulphur combines with the iron in the cement, forming iron sulphide and producing first of all a green and later a rust colour in the concrete.

Slags frequently contain calcium sulphate which, with the calcium aluminate in the cement, forms calcium sulpho-aluminate and results in the disintegration of the concrete.

It is not a wise practice to " weather " aggregates containing sulphides since, although some, such as magnesium sulphide (which is slightly soluble), may be eliminated in this way, calcium sulphide is frequently converted into calcium sulphate with the result referred to in the preceding paragraph.

If aggregates containing sulphides are used in reinforced concrete, the result may be disastrous. The sulphur first combines with the metal, forming iron sulphide and later iron oxide. The concrete is then disintegrated by expansion. The sulphides found in breeze and producer ashes are, generally speaking, fairly stable, if not present in excess.

Sulphuric anhydride in an aggregate is sometimes the cause of failure in concrete, since it is equivalent to adding an excess of gypsum to the cement. In the case of a rendering which had been applied to brickwork and which had lifted and cracked, it was found that the bricks themselves contained an excess of sulphuric anhydride which, since the situation was a damp one, had caused the cement mortar and cement rendering to swell and crack.

An interesting case of the failure of concrete due to sulphuric anhydride was afforded in a complaint that an unreinforced concrete road which had been laid for two years had recently begun to rise in places, in one place as much as 6 in. On examination the concrete was found to be cracked and very much disintegrated in parts. The aggregates were ballast and river sand which had been passed as satisfactory, but on analysis of the mortar separated from the ballast there was found to be as much as 6 per cent. of sulphuric anhydride. This was, of course, the cause of the trouble, but the problem was to find from whence it had come. It was discovered that the concrete had been laid on a sub-base of stone mixed with slag. The slag contained sulphur as sulphide and sulphuric anhydride which had subsequently been absorbed by the concrete to its own destruction.

Some concrete posts which had been erected around a colliery waste heap were found to be disintegrating at the ground line. The posts were standing in water from a small spring which issued from the foot of the waste heap. This water on analysis was shown to have an exceedingly high content of salts, especially of sulphates of calcium, magnesium and sodium. These had interacted with the cement and caused the disintegration.

Failures are sometimes caused by the inability of the user of concrete to realise its limitations. The works-engineer who calls upon unprotected or insufficiently protected concrete to stand up to the attacks of industrial liquors may find himself in serious trouble. An instance is recorded of the failure of the surface of a factory floor due to an accumulation upon it of waste fat. The fat contained a small quantity of fatty acids, not in themselves amounting to

much, but after a long period the acids had increased as the fat became more rancid until the surface of the concrete had been eaten away. If the surface of the floor had been kept reasonably clean and accumulations of fat had not been allowed to collect, the damage to the floor would have been minimised. It might have been reduced still more if the floor had been treated before use with three generous applications of sodium silicate solution.

A road upon which wood blocks had been laid failed to harden satisfactorily; experiments were conducted in the laboratory in order to find the cause of the trouble. Wood blocks were placed on top of concrete when it was from 24 hours to 7 days old and in no case was there any unsatisfactory result. On the other hand, when the wood blocks were placed on concrete which had barely set it was found that the concrete absorbed the creosote from the wood, and although the cement set it attained practically no strength.

The harmful effect of sugar on cement is widely known but it is perhaps not realised by all what a very small proportion of sugar is required to cause trouble. A reinforced concrete floor failed to harden, and no reason could be found for this fault. The aggregate, sand, and cement were of first-class quality—the sand had been washed—the workmanship was above question, and it was only by a casual enquiry that it was discovered that the washed sand had been delivered in sugar sacks. A little sugar had remained in each sack and had been dissolved in the wet sand and so, entirely unnoticed, had been introduced into the cement, with disastrous results.

Tanning liquors in contact with unprotected concrete nearly always cause trouble, as do nearly all acid solutions. In such cases it is necessary to provide an acid-resisting lining or coating so that all contact between the acid and cement is prevented. A mixture of pitch and tar makes a suitable covering, or better still acid-resisting asphalt or lead.

In analysing a sample of faulty concrete, two of the most difficult points to establish satisfactorily are the consistency at which the concrete was mixed and whether it has been properly cured. The appearance will often provide a clue to the first point, but this is sometimes misleading. A high figure for loss on ignition can mean that an excess of mixing water was used, but it can also mean that too little mixing water was used resulting in a porous concrete. A satisfactory conclusion as to consistency can be drawn from the uncombined water content, but one has to be sure that there were no other agents present that could have delayed the setting, such as frost, organic matter, or sugar. A low loss on ignition and a high uncombined moisture figure may indicate that the concrete has been subjected to frost, or that the set of the cement has been arrested by some other means. A low loss accompanied by low uncombined moisture indicates rapid and forced drying out.

Experience has shown that the use of whin chips and whin dust as an aggregate frequently results in the failure of the concrete to harden; more especially is this noticeable in wet weather and when the temperature is rather low. A great number of experiments have been carried out but a satisfactory explanation is not yet forthcoming. It is probable that this softness is due to the large proportion of water that must be added in mixing to wet the fine particles of dust and also to the inherent weakness of the concrete caused by the inability of the cement to " cover " the dust. If the dust were sifted out and replaced by sand, satisfactory results would be obtained.

The failure of some reinforced concrete piles when being driven provided an interesting case of a different kind. When the faulty piles were broken and examined bright green-coloured patches were found in the concrete, particularly where the stones had pulled away from the mortar. This dried out white on

exposure. The gravel had been dredged from the river bed, and when dry looked quite clean. On investigation it was found that the green deposit in the concrete consisted of algae, an aquatic vegetable growth. This had coated some of the aggregate when in the river and had become transferred to the concrete. The film around the aggregate had prevented proper cohesion with the cement, the efficiency of which had been reduced by the organic matter. To these factors add bad grading and mixing and the presence of coal which had been dredged up with the aggregate, and the failure was not unaccountable.

Efflorescence, actual and so-called, is frequently responsible for complaints especially in coloured concrete work. A typical example was afforded in a large concrete structure, on the face of which efflorescence had formed and had entirely spoilt the appearance of the building. It was found that portions of the work had been left with rather a poor finish and the contractor had washed the surface over with cement grout. This explained the efflorescence because the water in the cement grout had become charged with lime in solution; on drying out this lime had become deposited on the surface of the concrete, and in contact with the carbon dioxide in the air had quickly become converted into carbonate of lime. Every concrete surface has a film of carbonate of lime, but usually so thin as to be unnoticeable except in cases where the concrete is porous and calcium hydrate can be dissolved out of the body of the concrete and brought to the surface by capillary action.

Another complaint of efflorescence proved to be no more than an accumulated deposit of salts from sea water drying out on the surface of the concrete.

Probably the most remarkable complaint dealt with was made under the misnomer of efflorescence. Concrete foundations and walling were being constructed between tides: the mix used was 4 : 2 : 1, and the aggregates graded granite and sand. The concrete was mixed well and placed in a damp position owing to the failure of the pump. Five hours afterwards sea water covered the concrete to a depth of 6 ft. When after four days the water was pumped out, what looked like a forest of white tubes was found to be protruding vertically from the concrete. The tubes were thin but quite hard, were about $\frac{3}{16}$-in. in diameter, and slightly tapered. They were fairly generally distributed, about nine to the square foot, and were of an average height of about 16-in., though some reached 3 or 4 ft. The probable explanation of this phenomenon is that a solution of lime was forced out of the concrete through air holes by settlement of the aggregate, and as soon as this lime solution came in contact with hard sea water carbonate of lime was precipitated.

This went on as long as the concrete was plastic and the tube of carbonate of lime thus grew. The precipitation could only take place on the outside of the jet of lime solution and the core of the jet passed right up through the tube. The upward movement of the lime solution was probably due to the fact that its density is lower than that of sea water. Such an action would not be likely to occur in fresh water because the lime solution would then have a higher density and would tend to form an incrustation or " laitance " on the top of the concrete.

News from the United States of America.

The Dewey Portland Cement Co. is this year embarking on a programme for the improvement of their works at Davenport (Iowa), which will entail an expenditure of between £104,150 and £124,980.

The Hawkeye Portland Cement Co. is adding a large crusher to its quarry equipment at Winterset (Iowa), and it is anticipated this will give the quarry an output of 375,000 tons of cement raw material for 1930.

The United States Portland Cement Industry in 1929.

For the first time since 1921 production and sales of Portland cement in the United States showed a reduction from that of previous years. From the statistics of U.S. Bureau of Mines it would appear that production in 1929 amounted to 169,137,000 barrels, compared with 175,968,000 barrels in 1928, a reduction of 6,831,000 barrels or 3.9 per cent. Sales in 1929 were probably about 169,647,000 barrels, compared with 175,455,000 barrels in 1928, which is a reduction of 5,808,000 barrels or 3.3 per cent. Nine new mills and a grinding plant added between 9,000,000 and 10,000,000 barrels to the producing capacity of the industry in 1929, while improvements and additions to existing plants probably added between 3,000,000 and 4,000,000 barrels; at the close of the year the capacity of existing plants was about 257,000,000 barrels annually, an increase of 14,000,000 barrels compared with 1928. At the peak of production for the year—the month of August—86 per cent. of available capacity was utilised.

Prices declined throughout the year, especially in the second half. The average net mill price in 1928 was $1.57 per barrel. Declines were reported in 1929 ranging up to 25 per cent., with an average of 10 per cent.

The value of the 170,000,000 barrels sold in 1929 was approximately $245,000,000, compared with $276,000,000 for 176,000,000 barrels in 1928.

Imports for the first ten months of the year amounted to 1,546,974 barrels compared with 2,042,124 barrels for the same period in 1928. Total imports for 1928 were 2,284,085 barrels. The value of the cement imported the first ten months of the year averaged $1.14 per barrel, compared with $1.33 per barrel in 1928. Two-thirds of the Portland cement imported (1,058,000 barrels) in the first ten months of the year came from Belgium. The average value of cement imported into Massachusetts was $1.38 per barrel.

From a mechanical point of view the year 1929 was, states " Rock Products," marked by two outstanding developments—the wide interest in and extensive adoption of closed-circuit grinding, both wet and dry, but more particularly dry, and the growing use of slurry filters. From an economic point of view the transport of cement by bulk carrier is an outstanding development. The self-unloading, sea-going, bulk-cement carrier is not a recent development, since ships of that type have been in use on the Great Lakes for several years by one or two manufacturers. The year 1929 marked the development of a new type bulk carrier using one or two scraper buckets in tunnels for removing the cargoes, in place of belt conveyors. Boats and barges of somewhat similar type were adopted for bulk carriers on the East Coast and on the Mississippi and Ohio rivers, as well as on the Great Lakes. The economic effect of these developments on the industry has led to the building of packing plants in cities far removed from the factories and has given several mills situated on water-fronts many of the advantages of mills located in the midst of big consuming markets, as truck deliveries can be made direct from the packing plant to the customer.

For nearly two years the Portland Cement Association has been conducting research work on closed-circuit grinding in collaboration with the United States Bureau of Mines at the University of Minnesota, and research work on particle size at the United States Bureau of Standards. While the results of these researches have not been made public except to members of the Portland Cement

Association, enough is known to predict that they are almost revolutionary. While closed-circuit wet grinding had proved its efficiency and economy in metallurgy, the same was not true of closed-circuit dry grinding. The simultaneous development of both re-opens the controversy of dry and wet processes. The successful application of both depends upon the most efficient size grinding for the chemical reaction in a rotary kiln, and this appears to have been established, although it may vary slightly with materials and conditions.

During the last few years, with the increasing demand for quicker hardening cement and consequently the more careful proportioning of raw materials, the wet process has been by far the more popular. In addition to more accurate preparation and easier control, the greater economy of wet grinding gives the wet process undeniable advantages. The wet-process Ford plant, using slurry filters and other heat conservation methods, reduced the coal consumption for one month to an average of less than 72 lb. per barrel, with coal of 14,000 B.T.U. efficiency.

Now it is reported that the use of air separators in closed circuit with dry raw mills and the accurate control of the size of particle removed, has altered the relationship between the two processes. Some of the older dry mills which seemed on the verge of becoming obsolete have accomplished remarkable results in improved quality of product and in increased capacity of both grinding units and kilns. Air separators, especially on the finish end, are by no means new to the cement industry, but the present type and adaptation of them are new. In the opinion of some of the most experienced cement manufacturers in the industry, this new closed-circuit dry grinding and use of particles of raw materials of the correct size for the product wanted, with up-to-date methods of dry blending, is going to make possible the operation of many older dry mills.

The American Society for Testing Materials is now planning to revise the standard specifications for Portland cement by changing the minimum tensile strength requirements at 7 days from 225 lb. per sq. in. to 275 lb. per sq. in. and the minimum tensile strength at 28 days from 325 lb. per sq. in. to 350 lb. per sq. in. A special sub-committee has been appointed to study the question of limiting the lime content by the use of the molecular ratio of lime to silica, alumina and iron. The committee is preparing new tentative specifications for rapid hardening Portland cement: instead of the present requirements of 2 per cent. for sulphuric anhydride, it is proposed to raise this to 2½ per cent.; it is further proposed that the minimum tensile strength at one day shall be 275 lb. per sq. in. and at three days, 375 lb. per sq. in.

Government Cement Purchases in the Philippine Islands.

We learn that negotiations have now been completed between the local Government and the Cebu Portland Cement Company for the purchase of a five-year supply of cement which the Government may need for its public works between 1930 and 1935. The deal involves expenditure by the Government of from £677,040 to £781,200.

The Polish Cartel.

An agreement has now been arrived at by which the Polish Cement Cartel will be prolonged until 1936.

False Setting-Time of Cement.

We have received the following from Mr. Frederick Whitworth, of Brussels.

Sir,—In reply to the letter of " W.T.W." in the August, 1929, issue of " Cement and Cement Manufacture " on the false setting-time of cement, I give below the result of a few experiments I made some time ago and the conclusions to which I came.

The following tests were made:

(1) A sample was taken from a normal cement showing no signs of false set, although gauged exceedingly quickly. This sample was heated to 150° C. for half an hour, which is equivalent to extremely hot mill conditions, and gave a false initial set within 10 minutes.

(2) A sample of clinker was ground in a small experimental mill, and divided into three. Tests were made as follows:

(a) Gauged exactly as ground and gave a rapid set.

(b) The second portion was gauged after the addition of 4 per cent. of gypsum. This gave a moderate set, taking about one and a half hours for the initial set (Vicat needle test).

(c) The third portion was mixed with 4 per cent. of gypsum and heated for half an hour at 150° C. This gave a patchy set, some places showing slight false set, but the sample generally gave a moderate set as for sample (b).

I came to the following conclusions: The so-called false set is due to a portion of the gypsum setting separately, the cement itself continuing a normal set. If the gypsum is very finely ground and intimately mixed with the cement it builds up a slight internal structure soon after gauging. The closest analogy I can give to this structure is that of a sponge soaked with water, the sponge being equivalent to the gypsum structure and the water to the cement. If the dehydrated gypsum is not intimately mixed with the cement, or if the grinding is coarse, the particles of gypsum cannot interlock on setting, and cannot therefore build up this structure, or the structure is not sufficiently cohesive to hold up the setting-time needle.

For these reasons, when making experiments conditions should conform as closely as possible to grinding mill conditions for time, temperature and mechanical mixing. Otherwise results are likely to be very misleading.

It would also appear that cements possessing this false set have nevertheless sufficient SO_3 in solution to retard the setting of the cement proper. A series of tests for tensile strength on such a cement showed that there was no difference whatever between a cement gauged quickly and left to harden and a cement re-gauged after the false set had been allowed to develop thoroughly. It was also found that a 3 : 1 sand and cement mortar gave a false set, indicating that the " sponge " structure can exist with this mix. Such a mix resembles even more closely the soaked sponge, the sand particles being analogous to the large unfilled air holes in the sponge, where the surface tension is insufficient to support the quantity of water.

In some of the cases quoted by your correspondent it would appear possible that the false set was broken down during gauging. I imagine this frequently happens, and my usual practice is to cut off a small portion of the paste during

gauging and put this aside for observation during the gauging of the main portion.

This subject is of some importance as I know of cases where a cement showing this false set has been refused, although the quality has been excellent and no trouble would have been encountered in construction.

In conclusion I wish you every success with your international journal, and assure you from observation in various countries that your journal is soundly appreciated.

Notes from the Foreign Press.

Abstracted by J. W. CHRISTELOW, B.Sc.

Effect of Heat Generated in the Grinding Mill on the Setting Time of Cement. *Zement*, Vol. 18, p. 1348, 1929.

Experiments are described which indicate that the " false " initial set occasionally observed with finely ground cements is due to the high temperature attained in the grinding mills, which may exceed 110 deg. C. This high temperature, combined with the attrition, causes partial dehydration of the gypsum, which is then no longer able to act as a retarder. In all probability part of the gypsum is converted to anhydrite, which is again hydrated when it comes into contact with water. This explains the facts that on the prolonged mixing of a so-called " falsely " setting cement the setting proceeds normally, and that with only a short period of mixing a normal setting time follows an apparently rapid initial set. That this abnormal initial set is in general only found in the case of finely-ground cements is due to the increased temperature of the mill resulting from the greater work required for grinding, which causes more extensive dehydration of the gypsum.

Internationalisation of the Specification for High-strength Cements. C. R. Platzmann. *Zement*, Vol. 19, p. 49, 1930.

Dr. Platzmann stresses the importance of international unity in the standard specifications for high-strength Portland and aluminous cements.

Studies in the Strength of Cements. J. Keith. *Tonind. Zeit.*, Vol. 54, p. 27, 1930.

(1) A study of the different effects of water storage (W.S.) and combined storage (C.S.) on the strength of cements. The C.S. consisted of 1 day in moist air, followed by 6 days in water and 21 days in room air; at the end of this the test-pieces were again stored in water and tested at progressive intervals. The cements studied were A, a high-strength Portland; B and C, ordinary Portlands; and D, a fused cement.

At 112 and 365 days the crushing strengths of A, B and C were practically the same, whichever method of storage had been adopted. The crushing strengths of D for the two methods of storage were not greatly different at 112 days, but at 365 days the strength for C.S. was considerably the greater, *viz.*, 12,900 lb. per sq. in. as against 11,700 for W.S.

The tensile strength results at 365 days, in lb. per sq. in., were:—Cement A,

C.S. 621, W.S. 579; Cement B, C.S. 429, W.S. 482; Cement C, C.S. 562, W.S. 583; Cement D, C.S. 680, W.S. 554. The uniformity of the crushing strength results was thus not obtained with the tensile strengths.

When the test-pieces were immersed in water after the combined storage, the strength was in all cases reduced, by as much as 40 per cent. for tensile strength and 10 per cent. for crushing strength. Recovery ensued, however, until at 365 days the strengths of the C.S. test-pieces were of the same order as, and in many cases greater than, those of the W.S. test-pieces.

(2) A study of the effect of different periods of combined storage, followed by water storage, on the strength of a fused cement. Two periods of C.S. were investigated, viz., (*a*) 1 day in moist air, 6 days in water, and 7 days in room air; (*b*) 1 day in moist air, 6 days in water and 21 days in room air. In both cases the C.S. was followed by water storage, and testing at progressive intervals. The strengths obtained after 28 days' C.S. were much more irregular than after 14 days' C.S. This indicates that each change of the mode of storage disturbs the equilibrium of the test-pieces and sets up internal stresses which affect the test results. The reduction in strength due to the change from combined to water storage was much less after only 14 days' C.S. than after 28 days' C.S., and it may be generally concluded that the magnitude of this reduction in strength increases with the length of the period of combined storage. Repetition of the experiments with other cements in general confirmed these results.

Influence of Magnesia, Ferric Oxide and Soda upon the Temperature of Liquid Formation in Portland Cement Mixtures. W. C. Hansen. *Bureau of Standards J. Research*, Vol. 4, p. 55, 1930.

This article is a study of the temperatures of incipient fusion of lime-alumina-magnesia mixtures to which the above compounds were added individually and together. The ingredients of the mixtures were approximately in the proportions found in Portland cement. The following results were obtained:—

Mixture.	Temp. of Incipient Fusion, deg. C.
$CaO - Al_2O_3 - SiO_2$	1455
$CaO - Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3$	1340
$CaO - Al_2O_3 - SiO_2 - MgO$	1375
$CaO - Al_2O_3 - SiO_2 - Na_2O$	1430
$CaO - Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 - MgO$	1300
$CaO - Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 - Na_2O$	1315
$CaO - Al_2O_3 - SiO_2 - MgO - Na_2O$	1365
$CaO - Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 - MgO - Na_2O$	1280

Effect of the Grain Size of Cement. O. Graf. *Zement*, Vol. 19, p. 48, 1930.

Experimental curves are given which show that the density of standard crushing-strength test-cubes is greater in the case of cements of high strength than for those of lower strength. This is to a great extent due to the different grain size of the various cements. One would expect this effect to be accentuated by the use of a sand of mixed grain size in place of standard sand.

A further effect of variations in the grain size of cements is that, while the crushing strength of different cements as indicated by standard test-pieces of earth-moist mortar may be approximately the same, a disproportionate falling-

off in strength may result in some cases when leaner mortars or wet mortars are tested. The following example of this, among others, is given:—

Cement	(1)	(2)	(3)
(S) Standard (1 : 3) cubes; crushing strength, lb./sq. in.	8105	7764	7764
(W) Wet mortar (1 : 4); water/cement = 0.88; crushing strength, lb./sq. in.	2645	2190	654
W/S.	0.32	0.28	0.08

It is concluded that the tests of the standard specification do not form a reliable criterion by which to judge cements for use in concrete with low cement and high water content. Earth-moist mortars are not used in practice, and tests on wet mortars, with sand of mixed grain size, should be adopted to approximate to practical conditions.

Effect of a Flux on the Degree of Comminution of Cement Raw Material in Wet Grinding. P. P. Budnikoff and others. *Zement*, Vol. 19, p. 96, 1930.

Experiments on grinding a cement raw mix in a laboratory ball-mill with a 0.04N. Na_2CO_3 solution containing 0.1 per cent. of molasses in place of water, show that the presence of the dissolved substances considerably accelerates comminution. It is pointed out that warming the water will increase the effect of the electrolyte, causing softening of the water. It is concluded that Na_2CO_3 and molasses can be used, either separately or together, as a means of reducing the water content of a raw material slurry. Their use has also the effect of reducing fuel consumption and increasing the output of wet grinding mills, pumps and kilns.

Relation between Fineness of Grinding and Loss of Strength of Portland Cement. N. Nicolaesco. *Rev. Matériaux de Construction*, p. 401, November, 1929.

The strength of Portland cement is reduced by exposure to moist air, and a parallel increase of the residues on the ordinary cement testing sieves occurs. No diminution of strength is found when the cement is stored in perfectly dry air, and the fineness is not affected. The finer the original cement the greater is the deterioration due to the action of moist air. Good storage is the preponderating factor in the quality of cement, and finely-ground cement should be stored in hermetically sealed silos to avoid contact with moist air.

Factory Extension in Denmark.

A/S Aalborg P.C. Fabrik have installed a new kiln capable of producing 1,525 barrels of cement per day, and the annual capacity of the plant is now 377,500 tons per annum.

New Cement Factories in Japan.

We have been advised that the Onoda Cement Company of Japan, who have a factory at Choushuitzu, are to found a branch factory at Anshan. The new plant is to be capable of producing 16,670 tons of cement per annum. The Onoda Company have also purchased the central cement factory at Yawata.

New Bag-Packing Machine.

All concerned with ground materials, such as cement, coal, gypsum, etc., know that when they flow into a container they at first occupy a greater volume than after storage for some time. This is due to the air drawn along with the powder forming voids between the particles. While the material is stored in a container this air slowly escapes, and the powder falls together and occupies a smaller space. A machine has now been placed on the market by Messrs. Andreas Maschinen-Gesellschaft m.b.H., whose action is based on this fact; this is claimed to be the first accurately-weighing automatic-filling machine which shakes the sacks while they are being filled, thus rendering possible the use of a shorter sack.

The shaking reduces the volume of the cement, and the length of the sack may accordingly be 2 to 4 in. less than usual, depending on the increased density of the cement. The possible objection that the sacks will more easily burst is said to be contradicted by experience, and the economy due to the use of the shorter sacks may, even in a cement works of moderate size, amount to £80 per month. The amount by which the length of the sacks may be reduced depends on the density of the particular cement, and is best established by experiment after the installation of the machine. The length is adjusted so as to allow some margin, and so that some air remains in the shaken cement. We are informed that the short Andreas sacks, filled by shaking, have been despatched from a number of European works on long sea voyages without any claim for damage arising.

The following description of the Andreas valve sack-filling machine explains its action. The cement is conveyed from the silo to a rotary screen fitted with strong steel-wire mesh. The sieve has been preferred to a screw in a perforated casing because it reduces wear on the screen and causes the cement to be more easily and rapidly sieved. The purpose of this screen is to remove foreign bodies from the cement, so that they do not pass to the machine. Below the screen is a distributing screw which delivers a copious supply of cement to the weighing machine below. A precision weighing machine is used which works by weight and not by volume. The dimensions of the container are such that cement of any density can be handled.

The normal filling of a cement sack is 110 lb., and the normal counterpoise of the machine represents this quantity. At times, however, it is required to fill sacks with a somewhat greater or less quantity of cement, and the machine is therefore designed so that the counterpoise may be easily and rapidly changed. The weighing machine is contained in a dust-tight enclosure, and works with great ease. Like all precision weighing machines it is charged first by a main feed, and then by a subsidiary feed for fine adjustment.

The machine is discharged by a lower valve, and the attendant has no control over this valve until the charge has been accurately weighed. The number of weighings is automatically registered. The filled sacks are automatically removed, which greatly facilitates the work of the attendant.

The inlet and outlet valves of the weighing machine are so constructed that no cement can pass through when they are closed. The weighed charge of cement falls from the machine into a funnel below, on to the lower end of which the turbine is rigidly screwed. Experiment shows that the momentum of the

cement projected into the funnel is almost sufficient to force it into the sack. The filling operation is, however, assisted by the turbine.

Since the turbines of the Andreas machine only run while the sacks are actually being filled, and the cement entering the turbine has already an appreciable momentum, it is obvious that the wear and power consumption can only be small. The filling nozzle is firmly screwed to the turbine, so that no dust can escape at the joint. Due to the separation of the weighing and filling

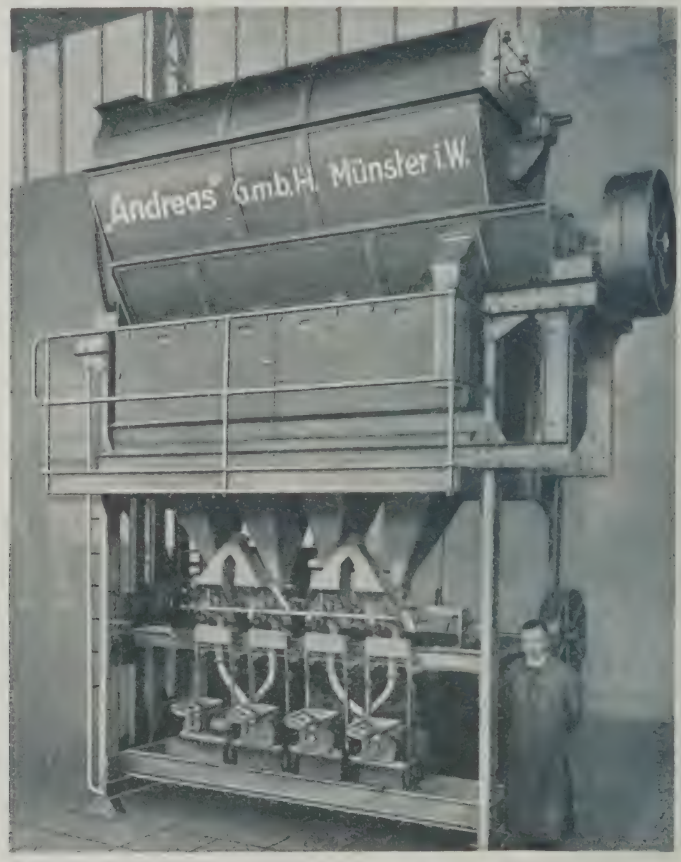


Fig. 1.—New Bag-Packing Machine.

processes by means of the funnel under the weighing machine the sacks can be shaken without affecting the weighing machine.

The nozzles for filling the valve-sacks can be easily and rapidly unscrewed and replaced by mouthpieces for filling open sacks. Thus all types of sack—whether paper or jute, open or closed—can be dealt with. The stand on which the sacks are placed during filling can be readily adjusted for any length or type of sack.

Occasionally torn jute sacks are brought up for filling, the repair of which has been overlooked. The machine is accordingly fitted with a simple contrivance,

which can be brought into action at will, for preventing appreciable loss of cement from the holes in such sacks. The small amount of dust arising from this cause is at once automatically sucked away. This arrangement is rendered possible by the relatively low pressure at which the turbines work. The shaking mechanism is so installed that it can easily be cut out when it is necessary to fill longer sacks which do not need to be shaken.

The four-unit machine requires only one attendant, who sits in front of the machine. His sole duty is to attach the valve-sacks to the nozzles and, by working a lever with one hand, to bring the weighing machine into position for discharging over the sack to be filled. At the same instant the filled sack automatically falls away from another unit.

The sole purpose of the lever is to release the filled weighing machine, which requires only very small force. In addition the adjustments are such that the

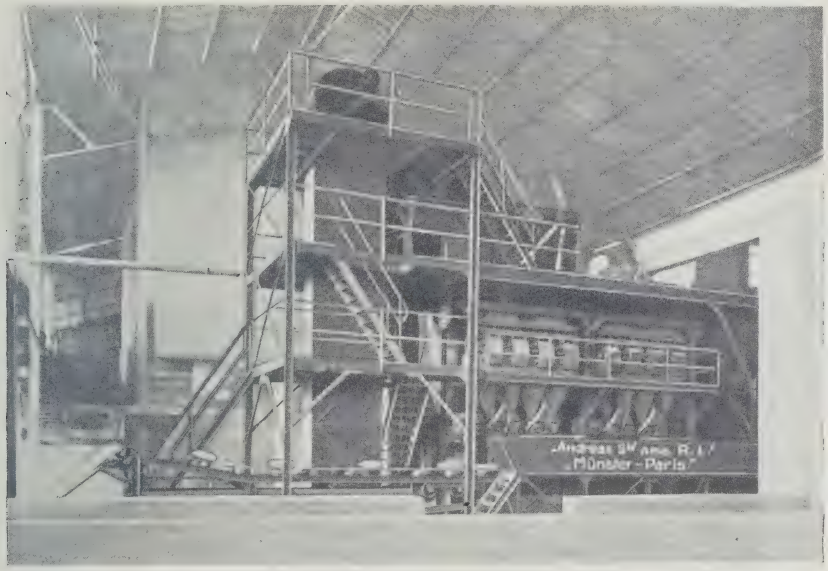


Fig. 2.—Bag-Packing Machines in a Cement Works.

attendant cannot empty the weighing machine before it contains the exact charge of 110 lb., or such other weight for which the machine may be set. It is thus ensured that the attendant, if he is working in rhythm with the machine, cannot deliver under-filled sacks. The weighing machine works so rapidly that a skilled man can easily fill 900 sacks per hour. The use of both hand and foot is not required in the working of this machine.

The power requirements of the complete machine, namely, screen, distributing valve, four turbines, and four shaking gears, is 7 h.p., so that the wear of the mechanism is relatively small. The transmission is entirely incorporated in the machine, which means a low cost of installation.

The plant is guaranteed to deliver 600 sacks per hour with one operator, but 900 sacks per hour can be handled by a good workman. The weight per sack

is guaranteed to within 7 oz. In reality, however, this accuracy is stated to be greatly exceeded.

The accurate working of the Andreas machine depends upon: —

(1) The separation of the weighing and filling processes.
(2) The use of a precision weighing machine.
(3) A plentiful supply of cement to the weighing machine.
(4) The high precision and construction of the entire machine.

The overflow due to the copious supply of cement can be led either to the elevator conveying the main supply of cement to the feed silo, or, if more convenient, to the storage silo. The latter arrangement avoids overfilling the feed silo.

This machine should in all cases be connected up with a dust exhausting plant, although we are informed that the dust arising during its action is so slight that the attendant suffers practically no inconvenience even without this precaution. The dust collected can be blown into a silo or a dust filter.

It is customary to arrange for the full sacks, automatically released from the machine, to fall on to a conveyor. This conveniently leads to the loading bank which, to avoid the necessity for a long conveyor band, should be as near to the filling machine as possible. It is desirable that the conveyor band should be reversible, as under certain circumstances this greatly assists rapid loading.

It is, of course, possible to work without a conveyor, and in this case the machine is best installed near the loading bank. Two men then remove the filled sacks from the machine, while a third works a truck between the filling machine and the loading stage.

The machine is of robust construction, as is essential for a machine for use in a cement works. Patents have been applied for in all countries for the protection of the sack-shaking mechanism.

EDITOR'S NOTE.

THE Editor of International "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE" invites readers of this journal to submit articles for publication. Manuscript may be submitted in English, French, German or Spanish, and will be translated into the other three languages by specialist translators.

Articles are invited on any new ideas or developments in the manufacture, chemistry or testing of cement, or allied subjects of general interest to the cement industry. Descriptions and illustrations of new cement plants in any part of the world are also invited. Liberal payment is made for suitable contributions.

Manufacturers of Cement-making Plant are also invited to submit information and illustrations relating to new plant developed by them and new installations of their plant.

Such matter should be addressed to: The Editor, "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, England.

IMPORTS AND EXPORTS OF CALCAREOUS CEMENT FOR FEBRUARY 1930 AND THE PERIOD JANUARY 1 TO FEBRUARY 28, 1930.

Imports.

—	QUANTITIES IN TONS.						VALUE IN £.					
	Month of February.			January 1 to February 28.			Month of February.			January 1 to February 28.		
	1928.	1929.	1930.	1928.	1929.	1930.	1928.	1929.	1930.	1928.	1929.	1930.
	23,373	15,350	19,555	43,125	38,643	35,658	42,182	29,625	32,559	80,413	76,619	60,866

Exports.

To Brazil	4,218	2,461	1,276	8,292	9,199	6,736	9,702	4,549	2,701	18,821	19,016	13,923
Argentine Republic ...	3,982	9,308	6,943	7,731	15,563	11,985	9,638	17,359	13,436	17,772	32,775	23,815
,, Irish Free State ...	7,049	5,512	5,714	13,721	17,472	12,656	24,743	17,305	16,021	45,195	52,284	35,978
,, British West Africa ...	10,070	6,121	6,873	18,038	15,098	11,393	26,086	15,470	16,870	46,480	37,706	27,978
,, Kenya	2,992	4,044	2,577	7,554	9,789	8,827	7,485	9,406	6,672	18,801	23,388	22,131
British India... ...	8,453	7,515	8,659	16,576	19,257	20,423	21,445	20,218	22,398	43,102	50,550	51,640
Straits Settlements and Malay States	7,852	5,289	5,607	14,044	15,362	12,943	19,534	13,022	13,504	34,258	37,601	31 257
,, Ceylon	4,869	3,041	3,541	8,849	8,618	5,893	11,943	7,431	8,498	21,843	20,971	14,090
,, Australia	1,086	653	748	2,937	2,522	1,834	2,988	1,950	2,156	8,016	6,791	5,650
Other Countries ...	21,131	22,667	31,178	43,860	72,749	86,918	51,150	48,412	65,547	106,257	149,205	162,470
Total	71,702	66,611	73,116	141,602	185,629	179,608	184,714	155,122	167,803	360,545	430,287	388,932

Notes from Abroad.

New Cement Plant in Bulgaria.

La Fabrique " Granitoid " at Batanofzi, near Sofia, proposes to install new plant by which it is hoped to raise the present annual output of 100,000 tons to 220,000 tons. It is anticipated that the new plant will be in operation shortly.

The Chinese Government Cement Factory.

Arrangements have been made to increase the output of the Government Cement Factory at Canton from 25,000 tons per annum to approximately 60,000 tons. It is anticipated that the factory will be in operation by the end of this year.

New Company in Madagascar.

Chaux et Ciments de Madagascar is the title of a new company which has been formed with an authorised capital of 20 million francs (£160,000), in shares of 100 francs, for the exploitation of cement manufacturing possibilities in Madagascar.

TRADE SIROCCO MARK

Dust Removal Plants

We have a long experience in Dust Removal Schemes which is at the disposal of our clients. Full particulars sent on request; or one of our Engineers would call by appointment.

" Sirocco" Dust Removal Plants are highly efficient because the hoods are well designed, the ducts correctly proportioned, the Fan capable of dealing with every kind of dust, and finally, because the Collectors trap a very high percentage of airborne dust.

for all-round efficiency

Davidson & Co., Ltd. SIROCCO ENGINEERING WORKS, BELFAST, Ireland.

Company Meeting.

The Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.

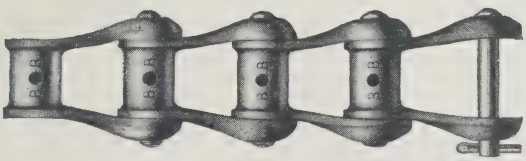
At the thirty-first annual general meeting of The Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., held on March 31st, Mr. P. Malcolm Stewart (Chairman) dealt with the affairs of the Company and reviewed the position of the cement industry.

He said the issued Five-and-a-Half per Cent. Cumulative Preference shares at £2,319,720 showed an increase of £35,000 subscribed for in connection with the purchase of an allied business jointly acquired by this Company and the British Portland Cement Manufacturers, Ltd. The issued Ordinary share capital at £3,000,000 remained unchanged. The three Debenture stocks had been reduced on normal lines through the operation of their respective sinking funds by the aggregate sum of £104,180. Last year for the first time the total stock purchased and cancelled passed the £100,000 mark. Additions to the fixed assets account during the year amounted to £239,962, but as they had written off £372,405 in respect of depreciation and by the transfer of the Debenture stock sinking funds, this account now stood at £6,019,854, a reduction of £132,443. It was gratifying that, despite the additions made during the year, the net figure should show this reduction.

Investments in the shares of and loans to subsidiary companies amounted at cost or under to £1,785,195. Investments and other securities at cost or under stood at £730,370, which figure included the investment in an allied company which was jointly controlled.

(*Continued on page* 584).

"B.B." CHAINS



"B.B." Pintle Chains.

Working loads up to 1,000 lbs. Very suitable for light drives speeds up to 600 feet per minute.

MANY OTHER TYPES ALSO MADE.

BAGSHAWE

DUNSTABLE. & Co., Ltd.

C.M.16.

(*Continued from page* 583.)

The aggregate amount of investments at £2,515,565 showed an increase of £37,226, which was represented by investments in subsidiary companies.

The balance of profit on the trading account at £575,484 was more by £7,468 than last year's figure. This increase, however, was largely set off by the reduction in receipts from interests and dividends, which at £358,836 showed a decrease of £6,421. The total revenue for the year at £935,115 showed a small increase of £536. They were able, after providing for Debenture stock interest and sinking funds, the dividend on the Five-and-a-Half per Cent. Preference shares, and after making the same allocation to depreciation reserves as last year, to recommend again the payment of a dividend of 8 per cent. on the Ordinary share capital.

The results obtained were due to the progressive reductions effected in the cost of manufacture and to the satisfactory turnover for the year, despite the serious setback sustained during the first three months when building operations were almost brought to a standstill by severe weather.

Conditions During the Year.

The past year would long be remembered for the depressed conditions experienced in important industries, the collapse of the boom in speculation, and the severe financial losses suffered. For some it would stand out as a black year. Every avenue was being explored for an explanation of the wide extent of unemployment and the unsatisfactory state of our basic industries. Whatever the merit or outcome of the solutions recently offered it was a good thing that many had been shaken out of a state of apathy and compelled to give a closer consideration to the fundamental causes of industrial depression. Further, they had been helped to visualise the wide interests and responsibilities which they possessed as citizens of a great nation and of an Empire offering unrivalled opportunity for commercial expansion. Nevertheless, it would be a fatal mistake to assume that any changes in the economic system could of themselves bring back prosperity. That could not be achieved without they became less insular in their conceptions and more adaptable to the requirements of post-war conditions, less self-satisfied with past performance and better prepared to face the future with keener mental alertness and renewed energy and enterprise.

Practical Experience Needed.

The salvation of industry would not come through its being run by the Government, banking institutions, or accountants; each might become an invaluable ally when rightly employed. Supreme control should be in the hands of those with practical experience and a record of successful management. Experience was one of the few things which could not be found ready-made. A good qualification for managing a big undertaking was to have made a success of a smaller one, and perhaps one of the greatest aids to expending wisely shareholders' money was to have had to expend money with the sure knowledge that failure touched one's own pocket. This experience automatically gave the feeling that it was one's own being ventured. Where industry needed reformation it must be reformed from within. He did not believe any industry lacked men with the brains to reorganise. There were too many people pulling the strings of industry who had never been through the mill and gained a practical and technical experience. Those with practical experience should have a chance to work their way through.

Reconstruction Programme Completed.

The past year, the fifth since the reorganisation of the board and management, was an important one in the history of the Company, because it marked the completion of the programme of reconstruction outlined when he first addressed them in 1925.

At the Bevans Works, which had been closed since 1921, 12 rotary kilns with a capacity of 250,000 tons per annum had been scrapped and an entirely new works constructed with four kilns having a capacity of 500,000 tons per annum. In addition, they had constructed a deep-water jetty which enabled them to load direct cargoes for all parts of the world. At Swanscombe they had replaced the original 16 rotary kilns by three modern kilns with a capacity of 400,000 tons per annum; further, the whole of the grinding and packing plants had been concentrated and modernised and electrically-operated excavators and up-to-date washing plant installed to handle the raw materials both there and at Bevans. In addition the output of the Kent works, purchased in 1922, had been increased by 50 per cent. At Crown Works, to avail of the best shipping facilities on the river Medway, the old plant had been scrapped and a modern rotary kiln installed. They had scrapped multiple steam and other power units by the installation of electrical power at their Thames, Medway, and inland works.

Productive Capacity.

The Company to-day had a productive capacity of a million and a half tons per annum from efficient rotary kiln plants, which was fully 250,000 tons more than that aimed at in their original programme. They had not merely modernised their kilns. Every stage in the process of manufacture

(*Continued on page* 585.)

had been tackled, and the complete plants brought up to date and to a state of efficiency second to none with the help of their research department and the adoption of their own technical methods, which were kept up to date by first-hand information from all parts of the world. At the same time that this heavy reconstruction work had been in progress they had improved their quality to a point that to-day "Blue Circle" products were a recognised standard. Thanks were due to Mr. A. C. Davis, the Managing Director in charge of their works control, and to their engineering, technical, and executive staffs for so successfully carrying through this programme.

Sales.

Since 1924 they had increased their sales in every department and much enlarged the facilities for prompt service to customers. The task of maintaining an adequate margin of profit would be realised when he told them that their group net selling price in all markets was 25 per cent. lower than five years ago. Because the raw materials could often be cheaply won it was wrongly assumed that the task of manufacturing and establishing a new brand of cement was a simple one. Few realised the slow rate of turnover of capital and other vital economic factors. He doubted if a single cement company established in this country within the last 10 years had fulfilled the promises made in its prospectus. However, their sales organisation had increased the tonnage of "Blue Circle" cement sold, which to-day exceeded the aggregate tonnage of cement sold by all competitors.

Rapid-hardening Portland Cement.

An outstanding sales feature was their successful marketing of "Ferrocrete," the rapid-hardening cement, which had revolutionised concrete construction by the saving of time which it afforded to users. They had, of course, had imitators—that was the inevitable price of success—but "Ferrocrete" had easily maintained its supremacy. It was no longer a novelty but a necessity, as was proved by rapidly increasing sales.

Export Trade.

Despite the keenness of foreign competition, aided by low wages, tariffs, favourable exchange rates, and sometimes by subsidies, they had expanded their export trade to a remarkable degree. Last year they exported close on 800,000 tons, an increase of 45 per cent. over the quantity shipped abroad in 1924.

That had been accomplished by improved overseas sales service. They had appointed representatives who resided abroad and studied on the spot the requirements of overseas customers. These results could not have been obtained had they not by their works reconstruction put themselves in a position to compete by taking low prices. Their increased trade had absorbed to a considerable degree the reduction in the number of employees due to rationalisation.

Home Trade.

The home demand for Portland cement had grown, stimulated by their intensive campaign of advertising and propaganda, supervised by General Critchley, for educating potential consumers as to the manifold uses of cement, but it must be remembered that they had throughout the period laboured under an adverse condition common to the majority of industries. He referred to over-production, the nightmare of the manufacturer. It had been their constant evil companion through these years of effort. The productive capacity of the United Kingdom had increased at a higher rate than consumption. They had to contend with over-production and consequently low prices. The results obtained reflected the greatest credit on Mr. Harold Anderson, Managing Director in charge of their sales organisation, who was ably assisted by Mr. Chapman in the export and by Mr. Charleton in the home market and by an indefatigable staff and representatives.

Since the beginning of 1924 they had spent over £1,600,000 on reconstruction and new plant, yet to-day their fixed assets at £6,020,000 stood in their books at £566,000 less than in 1924. During the period the Preference share capital had been increased by £35,000 and the Ordinary share capital by £242,785 issued in 1927 and further by £500,000 issued in 1928, bringing up the total of the Ordinary shares issued to £3,000,000. They had increased the total share capital by £777,785, but they had during the period under review reduced the amount outstanding in Debenture stocks, Debentures, and mortgages by no less than £777,182. The extinction of prior charges was thus within a few hundred pounds of the amount of fresh share capital subscribed. To get at the true position it was necessary to compare the surplus assets now available with those available five years ago. To-day their cash in hand at bankers, on deposit, and investments in Government and other liquid securities at cost, less depreciation, stood at over £1,100,000 as compared with £440,000 six years ago, and the net improvement in their liquid assets position was some £375,000. The investment account was a strong point in a sound balance-sheet. All their investments in subsidiary and allied companies stood at a low valuation. The book value of their holding in British Portland Cement Manufacturers, Ltd., Ordinary shares alone was approximately £1,500,000 less than their market value to-day. No one was happier at the results obtained than

Mr. Alfred Stevens, who had for many years watched over their finances.

To summarise the position, they had modernised and extended their plants, concentrating production in large units at economic sites, thus materially increasing the intrinsic value of their fixed assets; at the same time they had reduced the figure at which they stood in the balance-sheet. Further, they had strengthened their financial resources. The net profits available last year for the service of the Preference and Ordinary share dividends were nearly three times as great as in 1924, although in that year £50,000 less was placed to depreciation. Last, but by no means of least importance, they had provided for their employees improved conditions.

Rationalisation.

Thus had they rationalised their section of the industry; they set to work to do so before this term had become so hard-worked. With their group of widespread works and reduced costs of production they were in a far stronger position than ever before to meet competition. During the early part of the period which he had reviewed the operations of the Cement Makers' Federation enabled prices to be stabilised to a considerable degree. This was followed by a period of severe competition, from which the industry had not fully recovered. Price warfare was demoralising, and its effects were felt to-day.

The tendency to-day was for rationalisation to displace the older methods of co-operation, such as gentlemen's agreements and cartels, which had proved invaluable. Rationalisation had already been successfully accomplished as far as their own extensive interests were concerned, and the ideal they held steadily before them was to obtain the co-operation of others so as to extend it to the cement industry as a whole.

Overseas Investments.

Their investments in cement works situated in British Columbia, South Africa, Mexico, and India, had all done well during the past year, and their prospects were good. They were now engaged in doubling the plant of the Indian works, in which they were jointly interested with The British Portland Cement Manufacturers, Ltd.

The year had opened well, favoured by good weather. The demand for Portland cement was above the average for these early months, and there was evidence of much constructional work to be undertaken. Selling prices remained on the low side, but they should obtain from their reconstructed works the advantage of further economies provided they were not offset by increased prices for coal. Consequently, if the demand continued to improve they hoped to present a satisfactory report when they met next year.

A plant for handling a particularly hard and abrasive iron ore on the Spanish Morocco coast. The duty is hard and continuous, so that a high efficiency and exceptional robustness are demanded of the handling equipment.

A typical Fraser & Chalmers - Robins Installation.

FRASER & CHALMERS
ENGINEERING WORKS
PROPRIETORS THE GENERAL ELECTRIC CO LTD
ERITH KENT.

LONDON OFFICE: MAGNET HOUSE, KINGSWAY, W.C.2.
Associated with ROBINS CONVEYING BELT CO. of U.S.A.

VOLUME 3. NUMÉRO 4. AVRIL 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE

LE JOURNAL INTERNATIONAL DU CIMENT EN QUATRE LANGUES.

PARTIE FRANÇAISE

PUBLIÉ PAR : CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ANGLETERRE.
Publié le 20 de chaque mois. Prix du numéro, 2 schellings.
Abonnement annuel, 24 schellings (Frs. 150), franco.

Un sujet de recherches.

LES techniciens qui sont amenés par leur profession à approfondir les questions d'essai et d'emploi du ciment, s'aperçoivent qu'il existe des propriétés que n'expriment pas les caractéristiques types tendant à rendre populaire telle ou telle marque de ciment. Il y a quelque chose en plus de la résistance, de l'invariabilité de volume et des conditions de la prise; l'allure du durcissement elle-même ne suffit pas, si on se contente de l'exprimer par la résistance après 24 ou 48 heures. Il est évidemment difficile de donner une définition exacte de ces qualités spéciales, si favorables à la diffusion de la production, sinon elles seraient comprises dans les spécifications des normes; ce sont des caractéristiques qui intéressent chaque usager à un point de vue spécial. On sait par exemple qu'il y a des ciments moins sensibles aux sables souillés que d'autres; deux ciments peuvent avoir un temps de prise et une résistance du même ordre peu de temps après le coulage, mais si on les malaxe avec un agrégat argileux, l'un d'eux durcira normalement, tandis que le durcissement de l'autre nécessitera plusieurs jours. Suivant la façon dont on envisage le mécanisme de la prise et du durcissement du ciment, c'est soit la cristallisation, soit la dessication du gel qui est retardée dans le deuxième cas par la terre mélangée à l'agrégat.

On ne peut donner aucune explication plausible de cette différence que présentent les ciments, mais un fait existe, c'est que l'addition de chlorure de calcium au béton est un moyen de remédier à la paresse du durcissement, quand l'agrégat est terreux. On n'a pu encore éclaircir si ce palliatif tire son efficacité de son action sur la boue qui enrobe l'agrégat, par exemple, par la destruction des formations colloïdales, ou de l'action du chlorure de calcium sur le ciment. Une brochure,* publiée récemment par la station de recherches sur les matériaux de construction, Angleterre, analysant l'ensemble des ouvrages ayant trait à l'action du chlorure de sodium sur le béton, montre que ce dernier agit sur le temps de prise et la résistance d'une façon variable suivant les différentes marques de ciment, lorsque l'essai porte sur le ciment pur ou le ciment malaxé avec du sable normal. Il semble donc que les ciments se comporteraient différemment par suite d'une anomalie inhérente à leur constitution.

* Building Research, Special Report No. 14—Publié par le H.M. Stationery Office, Londres. Prix : 9d.

Les ciments cuits au four rotatif et ceux cuits au four à cuve présentent également une différence qui ne ressort pas non plus des essais selon les spécifications des normes. Il suffit de s'être occupé au début de ce siècle du commerce du ciment pour se rappeler les difficultés auxquelles il a fallu faire face pour substituer le ciment cuit au four rotatif au ciment cuit au four à cuve. Il était facile de démontrer la supériorité du ciment des fours rotatifs en tant que résistance, invariabilité de volume et pureté, mais, pour certains chefs de chantier, ces propriétés ne compensaient pas certaines qualités du ciment des fours à cuve, impossibles à définir par les essais. Il existe encore bien des entrepreneurs qui trouvent que, pour les dallages et les enduits, les ciments d'il y a 20 ou 30 ans étaient supérieurs aux ciments de haute qualité actuels. Cette préférence a peut-être quelque rapport avec la finesse de mouture, mais elle est plus probablement due à la vitesse à laquelle se modifie le degré de compacité du mortier de ciment, laquelle vitesse permet avec certains ciments d'achever ou de lisser le dallage ou les enduits au cours d'une journée de travail, et d'une façon plus satisfaisante. Ces différences existent sans aucun doute, mais leurs causes sont obscures, et forment un sujet de recherches d'un grand intérêt.

La brochure déjà mentionnée de la station de recherches, est avant tout une récapitulation de la littérature touchant l'emploi du chlorure de sodium comme moyen de protection contre la gelée du mortier ou du béton. Ainsi qu'on peut le prévoir pour une littérature émanant de tous les pays du monde, elle ne montre aucune unanimité dans les opinions. Mais on y trouve des renseignements concernant l'action qu'exerce sur la résistance du mortier et du béton l'addition de chlorure de calcium, qui tirent leur intérêt des efforts faits aux Stats-Unis pour persuader aux cimentiers qu'un béton à durcissement rapide peut être obtenu par ce moyen, qui remplacerait les méthodes plus orthodoxes adoptées en Europe, préconisant l'emploi de ciment Portland à durcissement rapide. Plus récemment, la tendance semble pourtant aux Etats-Unis être favorable aux ciments à prise rapide, ce qui est conforme aux conseils pratiques formulés par presque tous les fabricants de ciment du monde, qui se gardent de recommander pour le béton tout autre ingrédient que le ciment et ses agrégats normaux.

La publication de la brochure avait pour objet de résumer la littérature sur le sujet dont elle porte le titre, et ainsi d'apporter une réponse aux questions posées par les intéressés. La conclusion des travaux de divers savants bien connus, tels que Abrams, Graf et Platzmann, ne peut être considérée comme favorable à l'emploi du chlorure de calcium en tant qu' " améliorant " du ciment, en raison des incertitudes qui subsistent, parmi lesquelles on peut citer le risque d'introduire dans le mélange des impuretés (le chlorure de chaux, par exemple), la tendance à la corrosion de l'armature si le béton n'est pas très dense, et la différence des résultats suivant la marque du ciment. Bien qu'il soit évident que le chlorure de calcium augmente la résistance du béton en certains cas, l'incertitude qui règne sur son action est telle que, si l'on veut éviter tout risque de rupture, il est indispensable de faire toute une série d'essais avec les matériaux envisagés dans les conditions mêmes du chantier, avant de pouvoir définer les conditions dans lesquelles l'addition du chlorure de calcium peut se faire en toute sécurité. Certains avantages qui découlent de l'emploi du chlorure de calcium sont attribués à sa nature hygroscopique, qui force le béton, lorsqu'il en contient, à rester à l'état humide, ce qui diminue les tensions de retrait et la perte de résistance qui en est la corollaire. A ce point de vue, l'avantage que procure le chlorure de calcium pourrait être obtenu à meilleur compte, en général, en laissant le béton faire prise dans une ambiance humide. La brochure parle en outre de l'action du sel de cuisine (chlorure de sodium), comme addition au béton, et conclut en disant que cette addition est indésirable.

L'installation à ciment la plus récente des États-Unis.

L'usine à ciment la plus récente des États-Unis a été achevée par la Republic Portland Cement Company, à San Antonio, Texas. Sa construction avait été commencée en l'automne de 1928 et fut achevée en août 1929, date de sa mise en service. Elle constitue un bel exemple de ce que peuvent être aux États-Unis la construction et l'équipement actuels d'une usine à ciment. MM. Richard K. Meade & Company, de Baltimore, Md., ingénieurs spécialistes en ciment, en ont dressé les plans et surveillé la construction.

Cette installation était destinée à produire 3500 barils par jour (un baril américain équivalent à 170 kgs.). Actuellement sa production atteint 4 000 barils par jour. L'usine est située à 12 km 87 au Nord-Est de San Antonio. On le transporte depuis le gypse de Falfurias, Texas, situés à la distance de 322 kms. De profonds puits situés dans la propriété fournissent l'eau nécessaire.

La Fig. 1 (voir page 541) montre l'usine vue du côté ouest; la Fig. 2 (voir page 543) est un plan du terrain montrant la disposition des différents bâtiments, de la carrière, etc. La construction est très solide. On a fait usage du béton armé non seulement pour la construction des bâtiments, mais aussi pour la construction des silos affectés aux moulins broyeurs, et du chemin de déplacement des grues. De plus, une attention spéciale a été portée sur les motifs d'architecture. Tous les bâtiments, sauf celui à fours, sont construits en béton armé, avec remplissage en agglomérés de ciment recouverts de stuc couleur jaune clair. Le bâtiment à fours est en acier, avec les parois laissées ouvertes pour la plupart. Les toitures sont faites de plaques de fibro-ciment ondulées.

Les matières premières et la carrière.—La propriété comprend une superficie d'environ 200 hectares. La matière première est constituée par de la craie argileuse, dont l'aspect varie entre terre-molle et matériel solide. On y trouve des couches occasionnelles de calcaire dur, mais la matière est en général molle et peut être facilement broyée. La couche de terre recouvrant la craie est légère, ayant 60 à 90 cm. de hauteur sur la plus grande partie de la propriété. Au point de vue géologique, cette matière appartient à un genre de craie qui constitue l'un des membres inférieurs de la série du Golfe appartenant à la Période Crétacée Supérieure. Une matière semblable est employée par la San-Antonio Portland Cement Co., qui possède également une fabrique à San-Antonio. Dans le tableau suivant, on trouvera la composition chimique des matières premières :

	Calcaire pour cent.	Calcaire argillaceuse pour cent.	Argile calcaire pour cent.
Silice	8,25	15,96	34,20
Alumine	3,06	4,67	09,48
Oxyde de fer	1,76	2,13	3,25
Carbonate de calcium ...	84,88	75,07	50,15
Carbonate de magnésium	1,28	1,78	1,15

Les matières ne se trouvent pas en couches bien définies mais varient graduellement depuis le calcaire pur jusqu'à l'argile calcaire, comme indiqué ci-dessus. Une partie de la propriété possède un sous-sol riche en chaux, une partie pauvre en chaux et une partie riche en craie. Cette craie a une composition à peu près convenable pour subir la cuisson et les opérations sont

actuellement limitées dans la carrière à cette partie de sa surface. La pelle mécanique est actionnée de manière que la matière obtenue puisse servir directement à la cuisson après un malaxage approprié.

La carrière est située au nord-ouest de l'emplacement actuel de l'usine. Elle consiste en une coupe étroite le long d'un ravin dans le fond duquel un cours d'eau coulait jadis. Ce cours d'eau a été détourné et l'on y draine l'eau de la carrière. La surface ouverte actuellement mesure environ 6 m. par 150 m. À une extrémité la carrière est riche en chaux tandis qu'elle est riche en argile à l'autre extrémité. On obtient un mélange satisfaisant en opérant au milieu. On étend actuellement la surface ouverte de la carrière à l'est vers un terrain plus haut. Elle atteindra ainsi une hauteur de 12 à 15 m. Le fond de la carrière est toujours arrangé de façon que le drainage se fasse tout seul. Actuellement, la matière extraite est employée intégralement, les roches étant suffisamment riches en craie pour qu'on puisse laisser la couche de terre superficielle dans le mélange. On estime que la production en craie sera inépuisable; on a déjà déroché par forage de quoi suffire pour 100 années au moins.

La roche nécessite des travaux de forage et de mine très simples. Le forage est effectué au moyen d'un foret à puits " Joplin Special " Keystone, équipé avec une machine à gaz et avec progression par chenilles. On a trouvé que le foret à wagon Ingersoll-Rand donnait également pour l'extraction de cette matière des résultats très satisfaisants.

La craie est chargée à l'aide d'une pelle électrique Marion, équipée avec progression par chenille, une benne de 1,5 m^3 de capacité avec un contrôleur Ward-Leonard. Cette pelle fonctionne sur courant alternatif. La machinerie électrique consiste en un moteur à cage d'écureuil de 85 C.V. relié directement à trois génératrices à courant continu ayant respectivement une puissance de 50, 15 et 15 kw. Ces trois génératrices actionnent respectivement un moteur à grue (60 C.V.), un moteur à bascule (23 C.V.) et un moteur de remplissage (23 C.V.). La pelle est équipée également avec un moteur-générateur de 5,5 kw servant à l'excitation. La craie est chargée dans des wagons de 8 tonnes à parois renforcées, fabriqués par la " Easton Car Company." Ces wagons sont remorqués pour la courte distance qu'ils ont à parcourir pour arriver jusqu'aux broyeurs, par une locomotive Plymouth à pétrole de 10 tonnes pouvant remorquer 6 wagons sur la pente actuelle (0,8 pour cent).

La Fig. 3 (voir page 544) montre pelle, locomotive et wagons et donne une idée de la carrière actuelle. On peut apercevoir à une certaine distance les forets Keystone et Ingersoll-Rand à wagon. La petite pelle qui est représentée sur la figure ne fait pas partie de l'équipement régulier de l'usine. Elle a été employée seulement au début du forage de la carrière.

Le matériel de broyage.—La Fig. 1 (voir page 541) représente l'usine vue du côté ouest. Au premier plan les appareils de broyage. La Fig. 2 (voir page 543) est un plan du terrain. On pousse les six wagons dans le bâtiment de broyage, de sorte que le dernier wagon soit derrière la trémie. On dispose ensuite ces wagons par une traction automatique dans le centre du chemin. Ce dernier consiste en une chaîne à laquelle sont fixées deux glissières coulissant le long d'un guide attaché à des traverses. Quand cette chaine fonctionne, le câble supérieur se meut dans la direction du broyeur. Les glissières sont solidaires d'une poutre qu'elles placent sous le fond du wagon, qui se trouve poussé ainsi dans un sens opposé à celui de la trémie lorsque la chaîne est arrêtée. On charge ensuite les wagons à l'aide d'une grue Shepherd installée en dessus et d'un levier suspendu à crochet qui engage une barre dans le dos de la voiture (Fig. 4, voir page 544). Les wagons une fois vidés sont tirés par la

chaîne au sommet d'une rampe d'où ils sont lâchés et roulent, grâce à leur propre poids en se rendant sur des rails divergents. La craie qui arrive par les wagons est chargée dans une trémie munie d'un baquet d'alimentation Stephens-Adamson de 1m. qui alimente automatiquement le broyeur.

Afin que le broyeur puisse être alimenté en matière, on concasse sommairement cette dernière en une seule opération au moyen d'un concasseur à marteau " Mogul " équipé avec des plaques mobiles broyeuses. Celles-ci empêchent la matière humide de s'agglomérer dans le broyeur. On a choisi ce concasseur pour ses plaques mobiles; celles-ci ressemblent plutôt à de lourds baquets de transport. Les attaches des plaques sont massives et faites en acier au manganèse. Les plaques possèdent un petit mouvement vertical indépendant de la marche du marteau. Ce mouvement est entretenu par un petit moteur de 5 C.V. Le broyeur est actionné par un moteur de 250 C.V., la grue servant à élever les wagons par un moteur de 17 C.V. Un moteur à vitesse variable de 15 C.V. actionne, au moyen d'une transmission par engrenage à réduction James, le baquet d'alimentation. Des tableaux de distribution disposés comme l'indique la Fig. 4 (voir page 544) commandent les opérations du chargement des wagons, de leur traction, ainsi que du mouvement des plaques écraseuses, du baquet d'alimentation et du broyeur. L'alimentation du broyeur est réglée par un ampèremètre branché sur le moteur du broyeur et qui indique une charge supérieure dans le cas où le mouvement du baquet d'alimentation est arrêté, ou quand sa vitesse diminue. Les wagons peuvent également être graduellement déposés suivant n'importe quelle position comme l'indique la Fig. 4 (voir page 544). Un seul homme peut contrôler toute la machinerie contenue dans le bâtiment du broyeur. Ce système de contrôle central a été mis au point par MM. Richard K. Meade & Co., ingénieurs. Une grue à cabine de 10 tonnes actionnée à la main et pouvant se déplacer dans tout le bâtiment, sert à faire les réparations au broyeur. Le chemin de déplacement de la grue est visible sur le mur à gauche du bâtiment; par terre est un banc de 3 transformateurs (2.300/440 V.) de 50 K.V.A.

L'emmagasinage.—La roche concassée est transportée depuis les appareils concasseurs jusqu'à l'un des bâtiments d'emmagasinage ou de broyage à l'aide d'une courroie de transport à godets de 80 cm. ayant 120 m. de longueur entre les deux poulies extrêmes et pouvant élever la matière transportée à 22 m. sur une inclinaison de 16°. La courroie transporte à raison de 250 tonnes par heure. Elle se déplace sur des porteurs type trois-rouleaux avec lubrification à l'alémite. La courroie est actionnée au moyen d'un engrenage réducteur par un moteur à cage d'écureuil. Elle est pourvue d'un curseur automatique permettant ainsi de mettre la craie soit dans le magasin soit dans l'un des silos affectés aux broyeurs à matière première. Le magasin est situé entre le moulin broyeur et les refroidisseurs comme le montrent les Figs. 1 et 2 (voir pages 541 et 543). Il à 21 m. sur 73 m. et 18 m. 75 entre le plancher et les rails supportant la grue. La grue se déplace sur un ouvrage en béton armé. Cette grue a été fabriquée par Pawling et Harnischfeger; elle a une latitude de déplacement de 21 m. une capacité de 7,5 tonnes; de plus, elle est munie d'une benne de 2 m^3 7. La Fig. 5 (voir page 546) est une vue globale du magasin, des silos affectés au broyeur et de la grue.

Le magasin est divisé en deux parties, destinées respectivement au clinker et à la craie, au moyen d'un mur de séparation visible dans la figure. Les silos qu'on voit en-dessous de la benne sont ceux qui sont disposés au-dessus des moulins broyeurs. La cage de l'opérateur de la grue est située à l'extrémité gauche du levier. La courroie de transport se trouve à droite derrière les rails

supportant la grue. La grue peut prendre les matières du magasin et les déposer directement dans les silos; elle peut également distribuer la matière dans n'importe quelle partie du magasin. Le magasin peut contenir une provision en matière première sufisante pour 12 jours et une quantité de clinker produite pendant près d'un mois. Il existe également un grand silo en béton pour le gypse.

La construction du chemin de déplacement de la grue en béton armé a été rendue possible grâce à la solidité du terrain sur lequel est bâtie l'usine et qui constitue un excellent fondement. Le magasin n'a aucun mur latéral en béton, mais on a fait un remblai de terre derrière les colonnes pour constituer un talus de soutènement.

Le bâtiment du moulin broyeur.—Les deux moulins broyeurs à matière première et à clinker sont abrités dans le même bâtiment (à la gauche du magasin, Fig. 1, voir page 541). La pulvérisation est opérée au moyen de quatre moulins Allis-Chalmers "Compeb." Ils possèdent trois compartiments: Le premier a 2m40 de diamètre et il est chargé avec des boulets d'acier. La matière première y tombe dès qu'elle arrive du concasseur Dixie. Les autres compartiments ont 2m10 de diamètre et sont chargés avec des boulets aplatis et convexes constitués par du "concavex," une substance fabriquée par la Allis-Chalmers Co. Ces boulets ont 3cm1 de diamètre dans le deuxième et 2cm1 dans le troisième compartiment. Le moulin a une longueur totale de 12m. Le premier compartiment possède un tamis latéral qui fait passer la matière broyée dans le premier compartiment. Un seau enlève la matière broyée et en alimente le second compartiment. Chaque moulin est actionné par un moteur super-synchrone Général Electric de 800 C.V. et 180 tours/min. La transmission se fait par roue dentée et pignon fixé sur l'arbre du moulin. Il n'est besoin d'employer aucun embrayage magnétique entre le moteur et le moulin (la Fig. 6, page 546 montre les moulins et les moteurs).

Des tables d'alimentation alimentent les broyeurs, deux pour chaque broyeur à matière première. Deux des silos alimentant les deux tables d'alimentation extérieures sont destinés à recevoir la craie riche en chaux, tandis qu'un troisième silo situé entre les deux derniers contient la matière pauvre en chaux. Ce dernier silo alimente les tables d'alimentation intérieures. Les proportions de ces deux qualités de matière sont réglées par les tables d'alimentation. D'une manière similaire, les broyeurs à clinker possèdent trois silos. Le silo central sert pour le gypse et les deux silos externes pour le clinker. Chaque broyeur à clinker possède, à l'instar des broyeurs à matière première, deux alimentateurs. Les deux alimentateurs externes sont employés pour le clinker et les deux alimentateurs internes, qui sont plus petits, pour le gypse. Les deux alimentateurs à matière première sont actionnés chacun par un moteur à vitesse variable et courant continu de 5 C.V. Une petite génératrice est reliée à chacun de ces moteurs et indique sur le tableau le nombre de tours par minute effectués par la table d'alimentation. Les alimentateurs à clinker et à gypse sont accouplés, et chaque couple de deux alimentateurs est actionné par un moteur à courant continu et vitesse variable de 5 C.V. L'alimentation dans les broyeurs peut être réglée par la vitesse des moteurs, soit en ajustant les tables d'alimentation soit en rehaussant ou abaissant le niveau des silos.

La ventilation des broyeurs se fait au moyen d'un système collecteur de poussières installé par la Northern Blower Company. Ce système fournit près de 100 m^3 d'air passant à travers chacun des aspirateurs, qui sont mûs chacun par un moteur à cage d'écureuil de 20 C.V. Le système agit en partie comme collecteur de poussières, mais il réalise aussi la ventilation des broyeurs en y

admettant un fort courant d'air, permettant ainsi de maintenir une température convenable pour un broyage efficace.

Matériel de manutention de la matière première.—La matière première une fois broyée tombe directement à travers les tamis, à l'extrémité du broyeur, dans un creuset récepteur. Celui-ci est pourvu d'un agitateur horizontal à ruban actionné par un moteur à cage d'écureuil de 7,5 C.V. La matière première est pompée de ce creuset dans les réservoirs à correction par une pompe ou une batterie de pompes à sable Wilfley de deux 100 mm actionnés par des moteurs de 75 C.V. à 1 200 tours/min. Ces pompes à sable sont employées actuellement presque exclusivement en Amérique pour le maniement de la matière première. Les ingénieurs américains, après comparaison avec le système à élévation par air employé dans plusieurs usines d'Amérique préfèrent la pompe à sable et la trouvent plus efficace, étant donné qu'elle demande moins d'attention et de réparations que l'élévateur à l'air. La Fig. 7 (voir page 548) montre le creuset du broyeur à matière première, les pompes et les moteurs.

Il existe 6 réservoirs de malaxage en béton armé ayant 6 m. de diamètre sur 9 m. de haut. Chaque réservoir est pourvu d'un agitateur Meade, consistant en un arbre vertical, creux sur une longueur de 1m 80 à partir de l'extrémité supérieure avec des échelons en caoutchouc durci. Chaque arbre est muni de cinq bras horizontaux. La partie creuse conduit de l'air jusqu'à un système de tuyaux descendants et qui sont portés par les bras d'agitation. Le contenu du réservoir est agité par le balayage des bras et aussi par les bulles d'air qui se dégagent des extrémités des tuyaux. Les tuyaux sont arrangés de telle manière qu'ils décrivent en leur rotation des cercles de rayons différents, de sorte que toutes les parties du réservoir arrivent à être secoués. Une grille d'acier suspendue par une courte chaîne et maintenue à une distance de quelques centimètres du fond du réservoir débarrasse ce dernier de toute matière. La Fig. 8 (voir page 549) montre le mécanisme qui commande les agitateurs ainsi que les conduites et soupapes à matière première.

Il y a en tout quatre réservoirs d'alimentation du four, de 7m. de diamètre sur 9m. de haut, équipés avec des agitateurs Meade. La composition convenable de la matière première est réalisée en mélangeant ensemble le contenu de deux ou trois réservoirs de malaxage dans les réservoirs d'alimentation du four. Une fois rempli, chaque réservoir d'alimentation subit un bon soufflage provoquant une agitation convenable. Après le malaxage du réservoir l'air est réduit jusqu'à l'apparition, à l'ouverture des conduites, de bulles occasionnelles.

Les pompes Wilfley ne pourraient manier la matière première sous une hauteur de 9 m. En conséquence celle-ci est conduite dans un creuset d'où elle est puisée par les pompes. Il existe un seul creuset pour les réservoirs d'alimentation du four et un autre pour les réservoirs de malaxage, ces creusets étant également adaptés avec des agitateurs à ruban. Deux pompes 100 mm Wilfley sont employées pour le creuset d'alimentation du four et deux pompes 150 mm pour le creuset des réservoirs malaxeurs, en vue d'accélérer le transport. Pour chaque creuset, on fait fonctionner une seule pompe, l'autre étant mise en réserve. Les conduites à matière première sont reliées entre elles de telle façon que la matière peut être transvasée d'un réservoir à un autre réservoir quelconque. Toutes les conduites à matière première sont équipées avec des soupapes Merco-Nordstrom lubrifiées. Ces dernières, du type droit, trouvent un emploi général en Amérique.

Les fours et les refroidisseurs.—Il existe deux fours ayant 3m35 de diamètre sur une longueur de 76 m. maintenus par quatre supports. Ils ont chacun une capacité de production de 1 750 barils mais sont appelés à produire au moins

2 000 barils chacun. Les fours, ainsi que les réservoirs à matière première, sont visibles dans le premier plan, Fig. 9 (voir page 549). Chaque four est alimenté par ce qu'on appelle un " ferris wheel " consistant en un disque auquel sont attachés des godets élévateurs ordinaires. Ce système plonge dans le réservoir à matière première et décharge celle-ci dans la rigole d'alimentation du four. Les fours sont revêtus le long de la zône de clinkérisation de briques riches en alumine; le reste est revêtu de briques réfractaires argileuses. Les chambres à clinker sont en béton armé; elles sont isolées par des briques isolantes disposées entre le béton et le revêtement de briques. Les fours sont chauffés au gaz naturel qui est amené dans l'usine à une pression de 14 kgs. réduite à 26 grs. dans les brûleurs. Cette réduction s'opère en trois étages: 14 kgs. à 3,5 kgs.; 3,5 kgs. à 850 g; 850 g à 26 g au cm^2. Les réducteurs relatifs aux deux premiers étages sont situés, ainsi que les compteurs, dans deux chambres se trouvant à 60 mètres à côté de la chambre du four; le réducteur relatif au troisième étage de réduction se trouve dans la chambre du four. Chaque four est équipé avec deux brûleurs à gaz Kirkwood de 60 cm. suspendus à un wagonnet et communiquant par des tuyaux flexibles aux conduites d'air et de gaz. Le tuyau à air est en peau de chamois; le tuyau à gaz de 10 cm. de diamètres est en caoutchouc. Ces tuyaux flexibles permettent d'incliner à volonté les brûleurs sur l'axe central du four. (Fig. 10, voir page 550). On a installé dans chaque four des pyromètres et des jauges de tirage " Leeds and Northrop." Une soufflerie Buffalo fournit l'air nécessaire aux brûleurs.

Les fours sont actionnés par des moteurs à courant continu et vitesse variable de 75 C.V. Un moteur à courant continu et vitesse variable de 5 C.V. actionne le système d'alimentation " ferris wheel." Les moteurs actionnant les appareils d'alimentation et le four sont disposés de telle manière que les appareils d'alimentation cessent de fonctionner dès que le four est arrêté. La soufflerie Buffalo est actionnée par un moteur à cage d'écureuil de 100 C.V. et 900 tours/minute.

Une installation supplémentaire est équipée en vue de brûler avec du pétrole dans le cas où l'approvisionnement en gaz devient insuffisant. Elle consiste en brûleurs à pétrole construits par Meade, avec des pompes usuelles servant à les alimenter. L'air est fourni sous une pression de 900 g. au moyen d'un moteur turbo-compresseur direct General Electric. On place les brûleurs à pétrole dans les ouvertures des coiffes employées pour le gaz, après avoir enlevé les brûleurs à gaz.

Chaque four possède une chambre à clinker en béton armé ayant 2m70 de diamètre sur 60 m. de haut. Chaque chambre communique par un tuyau revêtu de briques. Elles sont pourvues d'étouffoirs glissants permettant le contrôle du tirage. Actuellement on achète l'énergie nécessaire mais des précautions ont été prises pour l'installation éventuelle de chaudières. Dans le cas où on aurait besoin de celles-ci, les mêmes chambres peuvent être employées en ôtant la conduite d'acier et en adaptant une autre connexion.

Chaque four possède un refroidisseur tournant de 3 m. de diamètre sur 30 m. de longueur actionné par un moteur de 50 C.V. et 900 tours/min. Les refroidisseurs déchargent le clinker directement dans une fosse située dans le magasin principal. Cette fosse peut contenir une production de 12 h de clinker. Celui-ci est transféré de là soit aux silos du broyeur soit à un autre lieu situé dans le magasin au moyen d'une grue à benne.

Stockage et bâtiment d'emballage.—Le magasin consiste en quatorze grands silos, deux petits silos et un silo intermédiaire. Les grands silos ont un diamètre intérieur de 7 m. et les petits 4 m 50. Le silo intermédiaire mesure approxima-

tivement 4 m 50 sur 30 m. La capacité globale du magasin atteint 150 000 barils. Ces silos sont disposés comme le montre la Fig. 2 (voire page 543). Trois tunnels traversent les silos, ceux-ci possèdent des fonds système Meade qui se vident automatiquement. On emploie des élévateurs hélicoïdaux (un dans chaque tunnel) pour transporter le ciment des silos dans les réservoirs situés au-dessus des emballeurs. Ces élévateurs sont au nombre de deux, dont l'un est secondaire. Le bâtiment d'emballage et le silos sont visibles dans la Fig. 11 (voir page 551).

Le bâtiment d'emballage est pourvu d'emballeurs à quatre tubulures. Des dispositions sont prises pour que l'emballage se fasse soit en camion, soit en wagon. Une courroie de transport porte les sacs pleins depuis les emballeurs jusqu'aux véhicules. Les sacs de retour sont transportés sur une plateforme spéciale montée sur voie (voir Fig. 2, page 543). On les élève jusqu'au troisième étage du bâtiment d'emballage au moyen d'un élévateur à plateforme (fourni par la Maison Otis Elevator Company). Là on défait les paquets et on envoie les sacs dans l'épurateur.

Celui-ci est du type continu; les sacs y rentrent par une extrémité et sortant par l'autre extrémité. Il consiste simplement en un tamis incliné constitué par une lourde toile de fil de fer à travers laquelle passent les sacs. Ce tamis est muni d'une griffe qui ramasse les sacs et les fait tomber ensuite. Un courant d'air aspiré par un collecteur de poussière passe à travers le tamis ,entraînant la poussière et livrant des sacs bien propres. Ces derniers tombent ensuite sur une courroie à mouvement lent d'où ils sont retirés à la main. Un système de transport ramasse la poussière de l'épurateur, des collecteurs de poussière, des emballeurs, etc. La roue qui nettoie les sacs a été fabriquée par la Monarch Bag Company. Le système collecteur de poussière par la Northern Blower Company.

L'équipment électrique.—L'énergie électrique est livrée à l'usine sous 13 200 volts (triphasé, 60 périodes). Le courant est d'abord abaissé à 2 300 volts au moyen de transformateurs extérieurs de 3 750 KVA. C'est sous cette tension que l'énergie est distribuée aux différents départements de l'usine. Tous les grands moteurs (de plus de 100 C.V.) fonctionnent sous 2 200 volts et les petits sous 400 volts. Des bancs de trois transformateurs disposés à différents endroits autour de l'usine abaissent le voltage pour les petits moteurs. Tous les moteurs à vitesse variable fonctionnent sur le courant continu. L'éclairage est assuré par trois transformateurs de 37,5 KVA avec batterie d'accumulateurs et inverseurs automatiques. Deux rangées de génératrices à courant continu fournissent le courant d'excitation, actionnent les moteurs du four, etc. Il existe dans l'usine 75 à 80 moteurs ayant une puissance globale de 6 600 C.V. Les exigences actuelles correspondent à 18 kw. heure par baril de ciment.

Le tableau de distribution est situé derrière la chambre de broyage (la Fig. 12, voir page 553). Il a 14m9 de longueur avec des panneaux pour les différents départements. Les moteurs synchrones sont mis en marche en manoeuvrant ce tableau. Les compteurs d'huile, le coupe-circuit général, les compensateurs et les transformateurs sont situés dans la partie inférieure.

En vue de réduire au minimum les éventualités de charges maxima, le tableau est pourvu d'un disjoncteur Edmoore arrangé de telle façon que lorsque l'énergie totale utilisée monte jusqu'à un certain point les compresseurs sont coupés les premiers. Si cette opération ne réduit pas la charge en dessous du maximum voulu, l'un des broyeurs à matière première, et finalement l'autre cessent successivement de fonctionner.

Presque tous les broyeurs américains d'aujourd'hui emploient des moteurs synchrones pour actionner les broyeurs tubulaires. Les moteurs supersynchrones fabriqués par la General Electric et employés ici ont un stator qui tourne au démarrage et se trouve en phase avec le rotor stationnaire. Le stator est muni d'un frein constitué par une bande qui l'encercle. Lorsque ce frein s'applique au cadre du stator, le rotor et par suite le broyeur prennent de la vitesse ; le stator se ralentit et s'arrête finalement. Ces moteurs démarrent au moyen du tableau principal situé dans la chambre de broyage derrière les moteurs. (Les broyeurs Compeb et les moteurs synchrones sont visibles dans la Fig. 6, voir page 546). Une grue à cage de 5 tonnes commandée à la main est installée au-dessus des moteurs, etc., comme le montre la Fig. 12 (voir page 553).

Les fours, les refroidisseurs et la machinerie de broyage sont fournis par la Allis-Chalmers Mfg. Co., Milwaukee, Wis. ; presque tout l'équipement électrique est fourni par la General Electric Co.

NOTE DE L'EDITEUR.

L'editeur du " Cement and Cement Manufacture " international invite les lecteurs de ce journal à lui soumettre des articles en vue de leur publication. Les manuscrits peuvent lui être adressés en Anglais, Français, Allemand ou Espagnol ; ils seront traduits dans les trois autres langues par des traducteurs spécialistes.

Ces articles auront trait à toutes les nouvelles idées ou développements sur la fabrication, la chimie ou l'essai des ciments, ou à tous les sujets d'un intérêt général pour l'industrie du ciment. On demande aussi des descriptions et des illustrations de nouvelles usines à ciment dans toutes les parties du monde.

Les constructeurs de matériel d'usine pour la fabrication du ciment sont également invités à nous soumettre toutes les informations et illustrations se rapportant au nouveau matériel qu'ils auraient construit et à son installation. Ces articles devront être adressés sous pli recommandé à : The Editor, " Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, Angleterre.

Les chaudières à chaleurs perdues.

par A. C. DAVIS.

Directeur-Administrateur des Usines Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.

L'application aux cimenteries des chaudières à chaleurs perdues s'est principalement développée aux Etats-Unis, où l'on emploie plus généralement le procédé sec, dans lequel les gaz de la combustion contiennent un grand excédent de chaleur. Il existe également de telles installations dans certaines usines de l'Europe Continentale, basées également sur le procédé sec.

La première installation dont il soit fait mention date de 1902; elle a été réalisée à l'usine de la Cayuga Lake Cement Company, mais, ainsi que plusieurs autres installations de cette période de début, elle n'a pas fonctionné avec succès par suite des difficultés causées par les poussières et de l'absence de ventilateurs pour assurer l'augmentation de tirage nécessaire. Trois usines, semble-t-il, appliquaient cette méthode avec succès en 1915; en 1921, les chaudières à chaleurs perdues commençaient à être considérées aux Etats-Unis comme faisant presque partie de l'équipement normal des cimenteries travaillant d'après le procédé sec.

Dans le procédé sec, les gaz des fours, à la sortie, ont rarement, si même cela arrive, une température inférieure à 650° C, et, par suite, les chaleurs perdues sont dans bien des cas suffisantes pour produire toute l'énergie absorbée pour la fabrication, ou du moins l'étaient il y a encore quelques années. Elles suffisent si les matières premières ne sont pas par trop dures, et si elles contiennent très peu d'humidité, de sorte que la quantité de chaleur nécessaire à leur séchage est faible. Dans quelques cas, ce séchage peut être réalisé avec les gaz de la combustion après leur passage dans les chaudières. La situation n'est pas aussi favorable dans les installations modernes, par suite surtout de l'emploi de fours plus longs, où la consommation de charbon est plus faible, et de la généralisation d'une plus grande finesse de mouture, ce qui absorbe une quantité d'énergie bien plus grande.

Il existe aux Etats-Unis plusieurs usines relativement modernes utilisant le procédé humide, dans lesquelles les chaudières à chaleurs perdues ont été prévues pour produire toute la vapeur nécéssaire, vu le bon rendement des turbo-génératrices et la généralisation de la commande électrique, mais on peut se demander si ce résultat est obtenu sans brûler plus de charbon dans le four qu'il ne serait indispensable pour produire le clinker en appliquant les méthodes les plus modernes.

Toutes les installations comportant l'utilisation des chaleurs perdues demandent à être étudiées et conduites avec un soin spécial, car la production de vapeur est entièrement subordonnée à la marche des fours. Il est nécessaire de disposer l'usine pour que sa consommation d'énergie soit régulière et que l'arrêt des fours (qui doit naturellement se produire rarement) n'empêche pas de maintenir les autres services en pleine activité. Il est généralement avantageux d'avoir sous pression une chaudière chauffée au charbon pour équilibrer la charge et assurer les opérations essentielles pendant l'arrêt des fours.

On a beaucoup discuté sur les mérites relatifs du système individuel (un four, une chaudière), et de celui à carneau commun, jouant le rôle de collecteur pour l'ensemble des gaz sortant des fours, et d'organe de répartition pour les chaudières. Ce dernier dispositif donne sans aucun doute une plus grande

flexibilité, mais entraîne inévitablement une perte additionnelle de chaleur, et souvent le coût des carneaux, avec les connexions et les registres nécessaires, paraît excessif par rapport au prix des chaudières elles-mêmes. L'étude de ces carneaux demande à être soignée, pour que la circulation des gaz chauds soit bien assurée, et qu'en même temps les pertes de chaleur par leurs parois soient réduites au minimum. Dans la plupart des usines, l'installation comporte une enveloppe en acier, avec une couche intérieure de briques calorifuges entre le métal et les briques réfractaires.

Dans une usine visitée en 1921, la chûte de température, des fours aux chaudières, ressortait à 11° C. seulement. Dans cette installation, le carneau collecteur, qui était commun à tous les fours, avait fait l'objet de soins particuliers, et les pertes de chaleur semblaient être remarquablement faibles, résultat qu'on ne peut obtenir que par une étude et une exécution très soignées.

Quand on adopte le système individuel, il est avantageux de prévoir un by-pass, qui permette de maintenir le four en marche, en cas de nécessité de détourner les fumées du générateur. L'absence de by-pass présente en certains cas des inconvénients considérables, mais en adoptant un tel dispositif, bien des avantages militent en faveur du système individuel, tant en raison de sa simplicité et de la diminution des frais de premier établissement qui en résulte, que de son meilleur rendement, dû aux moindres pertes de chaleur dans le carneau collecteur.

Pendant les premiers temps de l'emploi des chaudières à chaleurs perdues, on avait, semble-t-il, tendance à brûler un excès de charbon dans le four pour augmenter la production de vapeur. A un moment donné, on a même pratiqué dans quelques usines le réglage de l'admission d'air aux fours de façon à produire des gaz contenant environ 5% d'oxyde de carbone. Avec des fours travaillant suivant le procédé sec, la température des gaz à la sortie du four était suffisamment élevée pour provoquer la combustion de l'oxyde de carbone par l'admission d'air additionnel entre le four et la chaudière, ce qui augmentait la température des gaz en ce point. Dans quelques cas, cette pratique était probablement rendue indispensable par la présence d'une station d'énergie d'un type ancien, et sa nécessité ne s'est plus fait sentir quand on a installé des turbines modernes, d'une consommation de vapeur réduite.

L'emploi d'un excès de charbon dans le four en vue de la production de la vapeur est, bien entendu, une erreur, si l'on considère la consommation de charbon en tenant compte de la cuisson seulement, mais il ne s'en suit pas nécessairement que cette pratique soit réellement un gaspillage. En réduisant la consommation de charbon du four, l'insuffisance de vapeur qui en résulterait devrait être comblée par des chaudières chauffées spécialement. Or, on s'est maintenant rendue compte que la combustion de charbon se faisait dans les conditions les meilleures dans les fours rotatifs, ce qui permet à l'opérateur d'éviter la formation d'oxyde de carbone tout en réduisant au minimum l'excès d'air. La situation n'est pas aussi favorable à ce point de vue dans une chaudière. La combinaison du four rotatif et de la chaudière à chaleurs perdues, dans laquelle la chaudière est entièrement séparée de son foyer, peut être considérée comme présentant des conditions idéales pour la combustion, et, en outre, les détériorations subies par la chaudière sont réduites au minimum.

Dans chaque cas, il faut considérer les avantages et les inconvénients de cette solution, et, en tenant compte du combustible total afférent à la cuisson et à la production de l'énergie, il peut y avoir des cas où cette combinaison peut être avantageuse, même si l'on brûle dans le four plus de charbon que n'en nécessiterait la seule production du clinker.

La question des poussières doit être examinée spécialement, et la pratique habituelle est de disposer des injecteurs de vapeur pour enlever les poussières de la surface de chauffe, au moins une fois par jour. Dans quelques cas, on avait primitivement prévu des ajutages fixes, mais les jets, en se brisant toujours aux mêmes points, occasionnaient des érosions locales. Les lances portatives sont d'un emploi plus satisfaisant, et, s'il a été prévu des ouvertures convenablement disposées, et que les lances soient intelligemment manœuvrées, on n'a à craindre aucune difficulté du fait des poussières.

En Angleterre, on n'a pas adopté les chaudières à chaleurs perdues pour beaucoup de raisons. La principale en est, sans doute aucun, l'emploi presque universal du procédé humide pour la fabrication, qui est imposé lui-même par l'emploi habituel de matières premières de nature tendre et humide. Dans certaines cimenteries de construction ancienne, la disposition de l'usine aurait rendu difficile l'application du système, dont tous les avantages n'auraient pu être mis en valeur sans l'installation simultanée de génératices électriques avec commandes par moteurs. Une telle installation entraîne des frais de premier établissement très lourds, qui pourraient ne pas donner de résultats financiers proportionnés.

A la température à laquelle, il y a encore quelques années, on laissait s'échapper les gaz de la combustion avec les fours travaillant suivant le procédé humide, on aurait certes pu envisager comme avantageux l'emploi de chaudières à chaleurs perdues si les conditions s'y prétaient, mais d'autres facteurs sont intervenus depuis. Dans le procédé sec, la chaleur des gaz disponibles après la dissociation du carbonate de calcium, ne trouve aucun autre usage, tandis que dans le procédé humide, l'économie du combustible n'est théoriquement pas limitée, tant que les gaz n'ont pas été ramenés à la température d'ébullition de l'eau. Il est difficile de tirer parti dans un four de cette chaleur d'un potentiel peu élevé, mais de grands progrés ont été faits dans cette voie ces dernières années, et il est maintenant possible dans nombre de cas de réduire dans le four même la température des gaz à une valeur presque aussi faible que celle qu'on peut réaliser économiquement dans une chaudière à chaleurs perdues.

Pour mettre en parallèle les frais de premier établissement et les avantages des deux méthodes d'utilisation de la chaleur, nombre des facteurs entrent en jeu. La décision peut toutefois être affectée par une raison où la technique n'intervient pas, mais dont l'importance financière est considérable: par exemple, l'achat de l'énergie à l'extérieur. Il y a encore peu d'années, il était impossible d'acheter de l'énergie à un prix comparable à son prix de revient à l'usine, même avec des machines génératrices d'un faible rendement, mais depuis qu'il existe des super-centrales et des transmissions à longue distance, le prix de l'énergie rendue à l'usine et la sécurité de la distribution sont tels, qu'ils permettent aux industriels de se dispenser d'investir un capital considérable dans leur installation de force motrice, et de subir les ennuis afférents à son exploitation.

Les chaudières installées en vue de la récupération des chaleurs perdues peuvent être aquatubulaires ou ignitubulaires. Le premier type a été très largement répandu aux Etats-Unis par la Edge Moor Co., et en outre par la Babcock & Wilcox Company. La fig. 1 (page 555) donne la coupe d'une chaudière du type aquatubulaire, et on notera que les tubes de la chaudière comportent des chicanes, ce qui force les gaz de la combustion à lécher quatre fois les tubes, et leur communique une grande vitesse à la traversée du faisceau tubulaire.

La fig. 2 (page 556) représente une chaudière aquatubulaire type dans le cas d'une cimenterie appliquant le procédé humide ; elle a trait à l'usine installée par la Dewey Portland Cement Company près de Davenport (Iowa, E.U.). Deux fours de 3m35 × 53m33, d'une capacité de production de 250 t par jour chacun, ont été montés en 1926, et un troisième en 1929. Chacun de ces fours est équipé avec une chaudière Edge Moor de 900 ch, à quatre passages, avec économiseurs, surchauffeurs et ventilateurs. Cette chaufferie produit, paraît-il, toute l'énergie absorbée par la fabrication, y compris celle des pelles électriques et du concassage des pierres. La figure 2 montre les deux premières chaudières ; on peut voir la chambre à poussières entre le four et la chaudière. Dans le présent cas, l'économiseur a été placé sous le quatrième passage. A droite, on peut voir l'emplacement réservé à la troisième chaudière qui a été installée depuis.

A l'Usine de la Marquette Company, à Oglesby, il existe huit chaudières Edge Moor, de 1 000 ch, avec économiseurs, surchauffeurs et ventilateurs, pour transformer en vapeur les chaleurs perdues des gaz des fours, qui produisent 1 300 t de ciment par jour ; à cette installation on a annexé un nouvel équipement, consistant en deux fours de 3m35 × 6m, produisant 800 t de ciment par jour. Ces deux derniers fours ont été équipés avec trois chaudières Edge Moor de 1 500 ch, avec économiseurs ; deux de ces chaudières suffisent pour utiliser toutes les chaleurs perdues. Les onze chaudières à chaleurs perdues de ces deux cimenteries conjugées sont la seule source régulière de vapeur existante, et alimentent une station d'énergie qui fournit toute la force motrice, tant pour les travaux de carrière et autres services, que pour la fabrication elle-même. La fig. 3 (page 557) montre la disposition de ces chaudières avec leurs portes ouvertes, ce qui permet d'accéder aux chapeaux des tubes, et la fig. 4 (page 558) montre les économiseurs et les ventilateurs.

Pour les petites usines, la chaudière à tubes de fumée présente quelques avantages sur le type aquatubulaire, dont le principal est son prix nettement inférieur, en raison des frais d'installation moindres, et de l'absence d'infiltrations d'air autour de la surface de chauffe de la chaudière. On se trouve cependant en face de difficultés pour les grandes unités, en raison de l'épaisseur que nécessite le corps de la chaudière. La fig. 5 (page 559) donne une vue partielle d'une chaudière à tubes de fumée installée en 1923 à l'une des Usines des Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., accouplée à un four de petites dimensions alors en service, qui produisait de 3,5 à 4 t de clinker par heure, avec le pâte contenant 42% d'eau. Il y a lieu de noter la simplicité du dispositif, et cet équipement, d'une importance relativement faible, s'est comporté d'une façon satisfaisante et économique. A la mise en route, l'humidité contenue dans les gaz se condensait dans les tubes, l'eau agglomérait les poussières et formait une croûte, mais cette cause de dérangement a été éliminée en portant l'eau de la chaudière à une température légèrement supérieure à celle d'ébullition à l'aide de vapeur prélevée sur les autres chaudières, avant que les gaz de la combustion ne soient admis à passer par les tubes. Cette précaution une fois prise, les poussières n'ont plus donné lieu à aucun dérangement, et elles ont été soufflées périodiquement des tubes par des injections de vapeur produites par une lance montée à rotule, comme le montre la fig. 5 (page 559).

Cette installation a été soumise à une série d'épreuves exécutées avec le plus grand soin, et, pendant une période de onze mois, la température moyenne des gaz à l'entrée du surchauffeur étant de 404° C., la quantité moyenne de vapeur produite a été de 447 kg par t de clinker, à une pression de 9,14 atm et à une température de 251° C.

Les lois auxquelles obéit la transmission de chaleur dans ces tubes de fumée ont fait l'objet des travaux très précis de Lowford H. Fry, qui a consigné les résultats de ses recherches dans un mémoire présenté à l'American Society of Mechanical Engineers en décembre 1917. Les épreuves auxquelles a été soumise la chaudière qui vient d'être décrite confirment pleinement l'exactitude de la loi de Fry.

Le four rotatif dans la fabrication du ciment.—III.*

par W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

Description d'un essai d'un four rotatif.—Nous nous proposons maintenant de décrire en détail un essai de six jours effectué sur un four rotatif type procédent par voie humide.

Un plan général de l'usine est représenté dans la fig. 17 (page 562). Le stockage du charbon se fait dans un hangar simple dont le plancher est en béton. Le charbon arrive par wagons, le niveau des rails se trouvant environ à 3 m au-dessus du plancher de stockage. Pendant le travail ordinaire, on ne pèse pas le charbon; on le transporte en brouettes jusqu'aux rouleaux broyeurs de 22 cm par 60 cm. Il n'existe pas d'appareils d'alimentation. Les rouleaux sont distants de 3 cm environ; leur fonction est de concasser les gros blocs de charbon. Le charbon monte et se déverse directement dans le sécheur sans l'intervention d'une trémie ou d'un alimentateur. Le sécheur à charbon a 1 m 50 de diamètre et 15 m de long. Il est chauffé par un fourneau séparé.

Après le sécheur, le charbon monte dans une trémie pouvant contenir 1 tonne, située au-dessus du broyeur à boulets. Chaque broyeur tubulaire est aménagé avec une petite trémie de 115 kg de contenance seulement; on a adapté un dispositif permettant de faire écouler le produit sortant du broyeur à boulets dans l'un ou l'autre des autres moulins broyeurs.

En quittant les broyeurs tubulaires, le charbon pulvérisé est monté dans une trémie à charbon pulvérisé de 3 m 80 de diamètre et pouvant contenir 20 tonnes.

Le charbon s'écoule de la trémie au moyen d'un dispositif d'alimentation analogue au dispositif représenté dans la fig. 4. Les alimentateurs hélicoïdaux possèdent chacun un diamètre de 12 cm et un pas de 5 cm. Leur vitesse varie entre 100 et 150 tours par minute.

Le four rotatif.—Le four a 2 m 60 de diamètre et 61 m 50 de longueur, avec une zône de clinkérisation de 3 m 05 de diamètre et 12 m de longueur. Le revêtement en briques réfractaires a une épaisseur de 20 cm dans la zône de clinkérisation; il est suivi par un revêtement s'étendant sur 16 m 50 et ayant 15 cm d'épaisseur, puis de 28 m de revêtement ayant 11 cm 5 d'épaisseur. Le volume à l'intérieur du revêtement est de 264 m^3.

Le four possède deux vitesses, obtenues au moyen de deux groupes de poulies, l'un lâche et l'autre tendu; première vitesse 0,95 tours/min; deuxième vitesse (plus basse), 0,76 tours/min. Le four a une inclinaison de 1/25.

Il n'existe pas d'élévateurs à matière première, mais il y a 150 tasseaux en fonte dans la dernière partie du four comprenant une longueur de 29 m. Les tasseaux ont une largeur de 7 cm et dépassent la surface du revêtement de 30 cm. La surface totale exposée est seulement de 7 m^2.

Refroidisseur rotatif.—Le refroidisseur a généralement un diamètre de

* Pour les figs. 1-7 voir le numéro de janvier.
Pour les figs. 8-16 voir le numéro de mars.

1 m 70 entre les plaques de l'ossature, et une longueur totale de 20 m 50. Il possède une extrémité élargie, ayant 2 m 15 de diamètre et 2 m 45 de longueur. Inclinaison du refroidisseur: 1/16,7. Vitesse en tours/min: 3,16. Les dispositions intérieures du refroidisseur seront décrites plus loin à propos du rayonnement de son ossature. Etant donnée la configuration du terrain, le refroidisseur est disposé à angle droit avec le four.

Conduit de chûte du clinker.—Le conduit par lequel le four et le refroidisseur communiquent entre eux est représenté dans les fig. 18 et 19 (page 564). Il existe une brèche entre l'extrémité du refroidisseur et la surface du mur à travers laquelle une certaine quantité d'air froid pénètre dans le four et par laquelle une quantité de 3 à 4% de clinker se déverse par terre. A l'origine, il y avait un conduit de chûte du clinker en fonte revêtu de briques réfractaires, mais il a été délogé, et on lui substitua le dispositif représenté dans les fig. 18 et 19. La surface minimum d'une coupe droite du conduit de chûte est de 84 cm^2.

L'alimentation en matière première.—On a aménagé un alimentateur rotatif analogue à celui qui est représenté dans la fig. 3. L'arbre de l'alimentateur se prolonge au-dessus de l'extrémité du four, et se trouve actionnée au moyen d'une courroie raccordée à l'ossature du four. Le chauffeur peut augmenter le débit de l'alimentation en disposant au moment voulu un bloc de bois dans le tuyau de surcharge.

Le bec brûleur à charbon.—Celui-ci est un tuyau plan de 15 cm de calibre qui pénètre dans l'extrémité du four à une profondeur de 40 cm.

Puissance exigée.—La puissance moyenne employée est, en C.V.: Pour le four, 33; pour le refroidisseur, 8; pour le ventilateur affecté au brûlage du charbon, 4.

Les conduits d'échappement du four et la cheminée.—Les gaz qui se dégagent du four passent à travers une chambre à poussières de 133 m^3 de contenance qui arrête 450 kg de produit environ pendant les 24 heures. La cheminée a environ 90 m de haut.

Tableau d'essai du four.—On verra sur la feuille d'essai du four que l'essai a duré pendant six jours seulement, les chiffres étant relevés tous les jours à midi.

On pesait le charbon pris au dépôt de stockage en portions de 125 kg, à l'aide de brouettes qu'on pesait sur la plateforme d'une bascule, et qu'on déchargeait ensuite vers les cylindres à charbon.

Avant de commencer l'essai, on faisait fonctionner à vide le sécheur à charbon pendant une heure; ensuite on faisait débiter la trémie du broyeur à boulets jusqu'à la vider complètement. Au moment précis où celle-ci se trouvait complètement vide, on arrêtait immédiatement le broyeur à boulets et le broyeur tubulaire qui se trouvaient ainsi entièrement remplis de charbon. On aplanissait le niveau du charbon pulvérisé dans la grande trémie, et on mesurait la hauteur de ce niveau au-dessus du fond de la trémie, à midi, au moment de commencer l'essai. A la fin de l'essai toutes les conditions initiales se trouvaient de nouveau remplies, de sorte que la seule correction qu'il y avait à apporter à la quantité de charbon pesée pendant l'essai se mesurait par la différence de niveau dans la trémie à charbon pulvérisé au début et à la fin de l'essai.

Reportons nous de nouveau à la feuille d'essai. La durée effective de fonctionnement du four inscrite dans la colonne 2 est relevée, en premier lieu, par le chauffeur. Celui-ci enregistre, pour chaque travail de 8 heures les moments d'arrêt du four, et la raison de ces arrêts. On avait installé un enregistreur de vitesse, commandé par l'un des arbres de l'engrenage actionnant le four; ce qui permettait d'avoir, avec les arrêts enregistrés sur la feuille d'essai un contrôle effectif de la durée de fonctionnement du four.

TABLEAU D'ESSAI D'UN FOUR.

Diamètre du four à l'intérieur de l'ossature : 2 m 60 ; longueur, 61 m. 5. Zône de clinkérisation : 3 m diamètre à l'intérieur de l'ossature sur 12 m de long. Système : Tirage cheminée.

Date	FOUR			MATIERE PREMIERE			CHARBON BRUT			CHARBON PULVERISE			CLINKER	GAZ DEGAGES			TEMPERATURES		
	Temps de fonctionnement total en minutes	Temps de fonctionnement effectif en minutes	Vitesse moyenne de rotation du fours en t/min	Eau pour cent.	$CaCO^3$ % libre de toute matière organique	Résidu sur tamis de 4900 mailles au cm^2	Quantité pesée pour le sécheur en tonnes	Humidité entrant dans le sécheur %	Humidité sortant du sécheur %	Résidu sur tamis de 4900 mailles au cm^2	Résidu sur tamis de 1550 mailles au cm^2	Pouvoir calorifique en cal par kg sec	Tonnes évaluées à l'état sec	CO^2.	O^2.	CO.	Clinker sortant du four °C.	Gaz dégagés du four en °C	A la base de la Cheminée en °C.
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
14 juillet midi à 15 juillet midi	1440	1308	0,91	44,3	77,1	7,0	52,70	1,90	1,10	10.0	0,31	7433	7,15	17,9	7,0	—	151	499	318
15 juillet midi à 16 juillet midi	1440	1360	0,93	45,0	77,1	7,3	56,00	1,92	1,19	12,3	0 50	7580	7,05	21,1	4,5	—	144	492	314
16 juillet midi à 17 juillet midi	1440	1354	0,91	45,0	76,7	6,7	49,00	1,87	1,11	8,6	0,24	7767	7,04	21,4	4,3	—	151	469	317
17 juillet midi à 18 juillet midi	1440	1319	0,91	44,7	76,6	6,3	46,50	1,86	0.98	8,6	0,21	7461	6.96	22,8	3,2	—	147	479	306
18 juillet midi à 19 juillet midi	1440	1330	0,90	44,7	76,5	6,4	45,00	1,82	1,08	7 4	0,47	7489	6.75	19,8	5,5	—	144	449	306
19 juillet midi à 20 juillet midi	1443	1325	0,91	44,2	76,5	6,5	33,60	1,73	0,88	7,2	0,46	7317	6,90	23,3	2,8	—	151	452	302
Moyennes ...	—	heures: 133,3	0,91	44,6	76,7	6,7	282,80	1,85	1,06	9,02	0,36	7507	6,97	21,1	4,5	—	148	473	311

On trouvera, fig. 20 (page 565) un modèle de diagramme d'essai. Ce diagramme indique clairement les temps de fonctionnement du four en vitesse maximum et les temps de fonctionnement en petite vitesse, ainsi que la durée des arrêts. On remarquera qu'après chaque arrêt, on faisait marcher le four à faible vitesse (mais à pleine alimentation en charbon), pour une courte période afin de le réchauffer. Les arrêts du four, éffectués toutes les trois heures (arrêts marqués B sur le diagramme) permettaient de mesurer chaque fois la quantité débitée par les alimentateurs hélicoïdaux pendant 100 tours. Pour cela, on adaptait un dispositif latéral, muni d'une soupape à déflexion permettant de déverser pendant une minute le charbon sortant de l'alimentateur dans un sac, puis de le peser. Un compteur enregistrait pendant l'essai le nombre de tours effectués par les alimentateurs hélicoïdaux.

On obtenait de cette façon le poids moyen de charbon pulvérisé déchargé pendant 100 tours par les alimentateurs hélicoïdaux. Le chiffre obtenu, multiplié par le nombre total de tours effectués doit donner le poids de charbon sec admis dans le four. En introduisant des corrections convenables, on trouvait un accord parfait dans cet essai particulier entre le poids de charbon évalué de cette manière et le poids de charbon brut obtenu par pesage. Toutefois, on n'obtenait pas toujours un accord aussi rigoureux.

Les périodes pendant lesquelles le four fonctionnait sur la faible vitesse, indépendamment des périodes réservées au passage du charbon dans le dispositif latéral sont marquées H sur le diagramme. Leur nombre est relativement petit et il aurait même été plus petit si le fonctionnement du four ne se trouvait pas dérangé par les arrêts consacrés aux mesures à effectuer sur le charbon au moyen du dispositif latéral déjà mentionné. Les conclusions générales qu'on peut tirer du diagramme sont que les vitesses du four s'adaptaient parfaitement au régime d'alimentation en matière première préconisé, et que l'alimentation en charbon ainsi que l'alimentation en matière première se faisaient toutes les deux sous régime constant.

Dans quelques usines, un diagramme analogue indiquait que la vitesse du four se trouvait modifiée deux ou trois fois par heure, révélant ainsi une irrégularité dans le fonctionnement, qu'il fallait déterminer.

Colonne 3.—Un compteur de tours était commandé par un arbre de l'engrenage actionnant le four, le rapport de la vitesse de rotation de l'arbre à celle du four étant connu. On faisait les lectures sur le compteur tous les jours à midi; d'après le nombre total de tours effectués par le four et la durée de fonctionnement effective, on obtenait la valeur moyenne du nombre de tours par minute du four.

Les données relatives à la matière première, et relevées dans les colonnes 4, 5 et 6 ont été fournies par les chimistes de l'usine, la production de ces données faisant partie du travail normal des chimistes, que le four fût soumis à l'essai ou non. Nous avons déjà décrit la méthode d'obtention des données figurant dans les colonnes 7 à 12.

Colonne 13.—Le clinker sortant du refroidisseur tombait dans un peseur rotatif du type indiqué dans la fig. 8. La quantité rendue par chaque compartiment était vérifiée plusieurs fois par jour à l'aide d'une bande à plateforme. On a trouvé que cette quantité variait entre 29 kg 5 et 30 kg 5. On montait le clinker sortant du peseur rotatif puis on le déchargeait dans des wagons jaugeant 60 cm, cette dernière opération ayant été jugée très commode. On pesait ensuite le clinker à l'aide du pont à bascule, et on obtenait ainsi le poids total de clinker fabriqué pendant les six jours. La valeur moyenne de la quantité de charbon rendue par chaque compartiment et déduite de ces mesures était de 30 kg.

Colonnes 14, 15 et 16.—L'analyse des gaz dégagés a été effectuée au moyen d'un appareil Orsat, à des intervalles réguliers pendant la journée.

Colonnes 17, 18 et 19.—On mesurait la température du clinker sortant du refroidisseur en enfermant le produit déchargé dans une boîte cubique en bois de 15 cm d'arête et en y plongeant un thermomètre à mercure. De grandes précautions doivent être prises, autrement les chiffres obtenus risqueraient de donner des valeurs plus faibles que les valeurs réelles. Un enregistreur unifilaire donnait la température des gaz sortant du four.

On mesurait à intervalles réguliers la température à la base de la cheminée à l'aide d'un pyromètre et d'un indicateur portatif. On prenait la moyenne des lectures effectuées pendant une journée. Dans le cas qui nous occupe le tuyau reliant le four à la cheminée est d'une longueur exceptionnelle, nommément de 88 m; on remarquera la chûte de température qui existe entre l'extrémité de dégagement du four et la base de la cheminée. Cette chûte est due notamment à une rentrée supplémentaire d'air froid.

(*A suivre.*)

"Plaintes" au sujet du ciment.—II.

par H. A. HOLT.

On rechercha les causes de l'accident suivant: des linteaux de béton armé, recouverts d'un enduit au mortier de ciment avaient péris par suite de la disparition totale de l'enduit. On découvrit à l'analyse, que le béton du linteau contenait 14,5% de charbon provenant de l'agrégat de scories; de plus, l'enduit n'avait été appliqué qu'en une seule couche et était si dense que par places il s'était arraché du massif. Le massif avait augmenté de volume à cause de l'oxydation du charbon et avait détruit le peu d'adhésion qui retenait l'enduit.

On étudia aussi le cas d'un accident analogue: des tuiles vernissées s'étaient détachées d'un enduit. On dit que l'enduit en était la cause. En fait, c'était la faute de l'agrégat du massif qui contenait 3% de charbon: ce charbon, en augmentant de volume, avait repoussé l'enduit et par conséquent desserti les tuiles.

L'effet nuisible du charbon dans un agrégat, peut être diminué jusqu'à un certain point, en augmentant suffisamment la densité du béton de façon à s'opposer à la pénétration de l'air et de l'humidité; le charbon est alors difficilement oxydé. On ne trouve naturellement de charbon, que presque uniquement dans les scories de coke et dans des agrégats du même genre utilisés pour la fabrication d'un béton léger et poreux qu'on enduit en conséquence de mortier: et c'est de ce mortier que dépend l'accès plus ou moins rapide jusqu'au massif, des agents oxydants, c'est à dire de l'air et de l'eau.

Il est toutefois toujours imprudent d'employer des agrégats contenant autre chose qu'une trace de charbon facilement oxydable puisque les bétons faits avec de tels agrégats sont sujets à se gonfler à la prise. Si le gonflement à la prise se trouve évité à cause de la rapidité de séchage du béton, il se produira probablement plus tard, lorsque le béton sera humide pour des raisons atmosphériques ou pour d'autres.

De même que pour le charbon, l'effet pernicieux des sulfures de l'agrégat n'est pas aussi prononcé quand le béton est très dense et imperméable. On fit des essais sur un trottoir de béton déjà coulé et qui avait servi pendant un temps considérable; et tant que sa résistance et son bon état durèrent, on

trouva qu'il était de première qualité. A l'analyse on trouva que la scorie qui avait servi d'agrégat contenait des sulfures en quantités bien supérieures à la limite de sécurité admise, mais, la plateforme avait été consolidée par les effets d'un vibrateur et était pratiquement imperméable. On fit, avec une scorie basique, qui était cristalline, dure, et dont la grosseur était bien graduée, mais qui contenait 2,5% de soufre à l'état de sulfure, des cubes au dosage de 4 pour 1. On en fit les essais à sept jours et on les compara avec ceux provenant de cubes semblables faits avec le même ciment, mais avec du bon sable. Les cubes de scorie ne donnèrent que 40% environ de la résistance des cubes de sable.

On trouve fréquemment des sulfures dans les spaths, souvent à l'état de combinaison : c'est le cas du sulfure de zinc qui est un constituant désastreux.

On trouva aux essais que cinq spécimens de béton défectueux contenaient du zinc et du soufre sous forme de sulfure, sans doute en combinaison :

	Zinc.	Soufre à l'état de sulfure.
1er cas	5,26 %	2,22 %
2ème ,,	1,22 ,,	4,36 ,,
3ème ,,	5,98 ,,	2,30 ,,
4ème ,,	2,94 ,,	1,43 ,,
5ème ,,	3,32 ,,	1,63 ,,

Dans chacun de ces cas, à deux jours, le béton n'avait pas fait prise convenablement, et on pouvait le casser facilement entre ses doigts. De plus, à cette période le béton contenait une grande quantité d'humidité, non combinée. Le durcissement qui en résultait était lent dans presque tous les cas. D'autres sels de zinc, tels que le carbonate de zinc, et l'oxyde de zinc ont des effets désastreux sur le béton.

On trouve aussi du sulfure de plomb dans certains spaths; il est presque aussi instable que le sulfure de zinc. Le béton se comporte de façons différentes suivant le métal auquel le soufre est combiné sous forme de sulfure, mais pour presque tous les agrégats contenant du soufre, le soufre se combine avec le fer du ciment, pour donner un sulfure de fer ce qui donne au béton une couleur verte au début et rouille plus tard.

Souvent les spaths contiennent du sulfate de chaux qui avec l'aluminate de chaux du ciment donne un sulfo-aluminate de chaux qui a pour effet final la désagrégation du béton.

Il n'est pas prudent " d'exposer à l'air " des agrégats contenant des sulfures, bien que quelques-uns, comme le sulfure de magnésium (qui est légèrement soluble) puissent se trouver éliminés de cette façon, car le sulfure de calcium se transforme en sulfate de calcium avec l'effet que nous avons rappelé dans le paragraphe précédent.

Si on utilise pour du béton armé des agrégats contenant des sulfures, le résultat peut être désastreux. Le soufre se combine d'abord avec le métal, pour former du sulfure de fer, plus tard de l'oxyde de fer. Le béton se désagrège alors par gonflement. Les sulfures que l'on trouve dans les cendres de charbon de terre, sont en général, assez stables, s'ils n'existent pas en excès. La présence d'anhydride sulfurique dans un agrégat est souvent une cause de destruction du béton, puisqu'elle équivaut à l'addition au ciment d'un excès de gypse. On trouva, dans le cas d'un enduit appliqué sur une maçonnerie de briques, qui s'était soulevé et craquelé, que les briques elles-mêmes contenaient un excès d'anhydride sulfurique qui, vu l'état humide du lieu, avait causé le boursouflement et la fissuration du mortier de ciment et de l'enduit de ciment.

Voici un cas intéressant de destruction de béton causée par l'anhydride

sulfurique: on se plaignait qu'une route en béton non armé, faite depuis deux ans, avait commencé depuis peu à se gonfler par places, jusqu'à 15 cms même en un certain point. A l'examen on trouva que le béton était craquelé et très désagrégé en certains endroits. Les agrégats étaient du gravier et du sable de rivière qui avait été jugé satisfaisant mais l'analyse du mortier séparé du gravier, révéla qu'il y avait jusqu'à 6% d'anhydride sulfurique: c'était naturellement là, la cause de la destruction du béton, mais le problème consistait à trouver d'où il était venu. On découvrit que le béton avait été assis sur un soubassement de pierres mélangées à des scories. Les scories contenaient du soufre sous forme de sulfure et d'anhydride sulfurique que le béton avait en conséquence absorbés jusqu'à sa propre destruction.

On a rencontré le cas suivant: des poteaux de béton élevés autour d'un tas de déchets de houillère se désagrégaient au niveau du sol. Les poteaux avaient leur pied dans l'eau d'une petite source qui sortait du pied du tas de déchets. L'analyse révéla que cette eau contenait un énorme excès de sels, en particulier des sulfates de calcium, de magnésium et de sodium. Ces sels avaient réagi sur le ciment et causé la désintégration.

Il arrive quelquefois que des accidents soient causés par l'incapacité de l'usager du béton à comprendre ses limites d'emploi. L'ingénieur d'usine qui compte sur un béton pas du tout ou insuffisamment protégé pour résister à l'attaque de liquides industriels peut se causer à lui-même de sérieux ennuis. On a parlé par exemple de la destruction d'un plancher d'usine, due à une accumulation sur ce plancher de déchets de graisse. La graisse contenait une petite quantité d'acides gras, qui eux-mêmes n'étaient pas en bien grande quantité, mais au bout d'une longue période, à mesure que la graisse rancissait, la quantité d'acide avait augmenté jusqu'à ce que la surface du béton soit rongée. Si on avait tenu suffisamment propre la surface du plancher et empêché les accumulations de graisses, le dommage causé au plancher eut été réduit au minimum. Il aurait pu être réduit encore plus si l'on avait traité le plancher par trois applications abondantes d'une solution de silicate de soude.

Une route sur laquelle on avait posé des pavés de bois ne durcit pas de façon satisfaisante: on fit des expériences au laboratoire pour en trouver la cause. On plaça des pavés de bois au dessus du béton quand il fut âgé de 24 heures jusqu'à 7 jours et dans aucun cas on n'obtint de résultat qui ne donnait pas satisfaction. De l'autre côté, quand les pavés de bois étaient placés sur un béton qui avait à peine fait prise, on trouva que le béton absorbait la créosote du bois, et malgré la prise du ciment il n'acquérait pratiquement aucune résistance.

L'effet destructeur du sucre sur le ciment est bien connu, mais tous ne se rendent peut-être pas compte qu'une quantité infinitésimal de sucre est propre à causer des ennuis. Un plancher en béton armé ne put durcir, et on ne put trouver aucune raison pour l'expliquer. L'agrégat, le sable, et le ciment étaient de première qualité—le sable avait été lavé—la main-d'œuvre au dessus de la question; et ce ne fut seulement que par une enquête toute fortuite qu'on découvrait que le sable lavé avait été livré dans des sacs à sucre. Un peu de sucre était resté dans chaque sac, s'était dissous dans le sable humide et ainsi, avait été introduit, complément inaperçu, dans le ciment avec ces effets désastreux.

Les liquides au tanin, en contact avec du béton non protégé sont presque toujours cause de sa destruction, de même que presque toutes les solutions acides. Dans ces cas, il est nécessaire d'avoir une garniture inattaquable aux acides ou un revêtement qui empêche tout contact entre l'acide et le ciment. Un mélange de brai et de goudron constitue un revêtement convenable, ou mieux encore un asphalte résistant aux acides, ou du plomb.

Dans l'analyse d'un béton défectueux, deux des points les plus difficiles à établir de façon satisfaisante sont la consistance du mélange qui fit le béton et la qualité des soins qui lui ont été donnés. L'apparence donne souvent une idée du premier point, mais conduit quelquefois à de fausses interprétations. Un chiffre élevé pour la perte au feu peut indiquer qu'on employa trop d'eau pour le mélange, mais elle peut aussi indiquer qu'on n'employa pas assez d'eau avec comme résultat un béton poreux. On peut tirer une conclusion satisfaisante, quant à la consistance, de la quantité d'eau non combinée contenue dans le béton, mais on doit s'assurer que la présence d'aucun autre agent tel que le gel, la présence de matières organiques ou de sucre, n'ait pu retarder la prise. Une faible perte au feu et un chiffre élevé pour la quantité d'humidité non combinée peuvent indiquer que le béton a subi le gel, ou que la prise du ciment a été arrêtée par d'autres causes. Une faible perte accompagnée d'une faible humidité non combinée indique un séchage rapide et forcé.

L'expérience a montré que l'emploi de fragments de trapp et de poussière de trapp comme agrégat a fréquemment pour résultat l'absence du durcissement du béton, et ceci est plus particulièrement visible par temps humide ou quand la température est assez basse. Un grand nombre d'expériences ont été faites, mais aucune explication satisfaisante n'est encore apparue. Il est probable que cette mollesse du béton est due à la grande proportion d'eau qu'il faut ajouter pendant le mélange pour mouiller les fines particules de poussière et aussi à la faiblesse inhérente du béton causée par l'incapacité du ciment à " recouvrir " la poussière. Si la poussière était tamisée et remplacée par du sable, on obtiendrait des résultats satisfaisants.

La destruction de certains pieux en béton au moment du fonçage fournit un cas intéressant et d'une autre sorte. Quand on brisa les pieux défectueux et qu'on les examina, on découvrit dans le béton, des taches brillantes, de couleur verte et particulièrement aux endroits ou les pierres s'étaient détachées du mortier. A lâir, ces taches séchaient en devenant blanches. Le gravier provenait du dragage du lit d'une rivière et quand il était sec, paraissait tout à fait propre. Les recherches que l'on fit montrèrent que le dépôt vert qui se faisait dans le béton était une algue, flore végétale aquatique. Cette algue recouvrait une partie de l'agrégat quand il était dans la rivière et s'était trouvée incorporée au béton. La pellicule qui entourait l'agrégat avait empêché une adhérence convenable avec le ciment dont l'efficacité avait été réduite par la matière organique. A tous ces facteurs, ajoutez un mauvais dosage, un mauvais mélange, et la présence de charbon qui avait été dragué avec l'agrégat, et la destruction du béton ne parait pas inexplicable.

On se plaint souvent de l'efflorescence, véritable ou prétendue, en particulier pour les ouvrages en béton coloré. Un exemple typique est offert pour le cas d'une grande construction en béton, à la surface de laquelle s'était formée une efflorescence qui avait gâté entièrement l'aspect de la construction. On découvrit que certaines parties de l'ouvrage avaient été laissées avec un mauvais fini et que l'entrepreneur avait lavé toute la surface avec un coulis de ciment. Ceci expliquait l'efflorescence parce que l'eau du coulis de ciment s'était chargée de chaux en solution; en séchant, cette chaux s'était déposée sur la surface du béton et au contact du gaz carbonique de l'air s'était transformée rapidement en carbonate de chaux. Toutes les surfaces de béton sont recouvertes d'une pellicule de carbonate de chaux, mais en général suffisamment mince pour être imperceptible, excepté dans les cas où le béton est poreux; l'hydrate de chaux peut se trouver dissous et entraîné hors de la masse du béton jusqu'à la surface par capillarité.

Une autre plainte au sujet de l'efflorescence se révéla n'être pas autre chose qu'un dépôt accumulé de sels de l'eau de mer, séchant sur la surface du béton.

La cause de la plainte sur le ciment la plus remarquable qu'on ait probablement jamais rencontrée fut appelée par méprise, efflorescence. On construisait, entre les marées, des fondations et des murs : on employait le mélange 4 : 2 : 1 et comme agrégat, du granit de bonne composition granulométrique et du sable. Le béton était bien mélangé et mis à une place humide, la pompe faisant défaut. Quatre heures après, l'eau de mer couvrait le béton sous une profondeur de 1 m 85. Quand après quatre jours des pompes épuisèrent l'eau, on trouva sortant verticalement du béton quelque chose qui ressemblait à une forêt de tubes blancs. Les tubes étaient minces, mais très durs ; ils avaient environ 5 millimètres de diamètre et étaient légèrement coniques. Ils étaient répartis assez régulièrement, environ un par décimètre carré et étaient en moyenne d'une hauteur de 40 cms, bien que quelques uns atteignissent 90 à 120 cms. L'explication probable de ce phénomène est qu'une solution de chaux fut chassée du béton, à travers les trous d'air, par le dépôt de l'agrégat et aussitôt que cette solution de chaux arriva en contact avec l'eau de mer brute, le carbonate de chaux fut précipité.

Ceci se produisit aussi longtemps que le béton fut plastique et le tube de carbonate de chaux poussa ainsi. Le précipité ne pouvait se produire que sur la périphérie du jet d'eau de chaux et l'intérieur du jet arrivait au travers du tube jusqu'au haut. Le mouvement ascendant de la solution de chaux était dû probablement au fait que sa densité était plus faible que celle de l'eau de mer. Un tel phénomène ne se produirait probablement pas en eau douce car l'eau de chaux aurait alors une densité relative plus grande et tendrait à former une croute ou " laitance " à la surface supérieure du béton.

L'industrie du ciment Portland aux Etats-Unis en 1929.

Pour la première fois depuis 1921, la production et la vente du ciment Portland sont en diminution aux Etats-Unis par rapport à l'année précédente. D'après les statistiques du Bureau of Mines des Etats-Unis, il semblerait que la production de 1929 se soit montée à 28.753.290 t, contre 29.914.560 t en 1928, soit une diminution de 1.161.270 t, ou 3,9%. En 1929, la vente est estimée à 28.839.900 t, contre 29.827.350 t en 1928, ce qui fait une diminution de 987.360 t ou 3,3%. La capacité de production de cette industrie s'est accrue en 1929 d'une quantité comprise entre 1.530.000 et 1.700.000 par suite d'installations nouvelles comportant neuf usines et un atelier de broyage, et de 510.000 à 680.000 t, par l'amélioration et l'agrandissement des cimenteries existantes ; à la fin de l'année la capacité des usines existantes était d'environ 43 millions t par an, soit une augmentation de 2.359.000 t par rapport à 1928. En août qui a été le mois de production maximum de l'année, la production a atteint 86% de la capacité des usines.

Les prix n'ont cessés de baisser toute l'année, spécialement pendant la deuxième moitié. En 1928, le prix net moyen à l'usine a été de 41 fr. par baril, soit 250 fr. la tonne. En 1929, les prix auraient subi une baisse allant jusqu'à 25% et en moyenne de 10%.

La valeur des 28.900.000 t vendues en 1929 était approximativement de 6.390.000.000 fr. contre 7.200.000.000 fr. pour les 29.900.000 t de 1928.

Les importations des dix premiers mois de l'année se sont montées à 262.986 t, contre 347.161 t pour la même période de 1928. L'importation totale de 1928 a été de 388.294 t. La valeur moyenne du ciment importé pendant les dix

premiers mois de l'année était de 181 fr la tonne contre 212 fr en 1928. Les deux tiers du ciment Portland importé pendant les dix premiers mois de l'année (179.860 t) venaient de Belgique. La valeur moyenne du ciment importé dans l'Etat de Massachusetts est de 220 fr. la tonne.

Au point de vue mécanique, selon le " Rock Products," l'année 1929 est principalement caractérisées par deux progrès remarquables, la généralisation si intéressante du broyage en circuit fermé, par le procédé humide ou sec, mais plus particulièrement sec, et l'emploi croissant de filtres à boues. Au point de vue économique, on peut signaler le développement remarquable pris par les navires aménagés pour le transport du ciment en vrac. Les navires de haute mer, pour le transport du ciment en vrac, équipés pour le déchargement par leurs propres moyens ne constituent pas toutefois une invention récente, car des navires de ce type sont utilisés sur les Grands Lacs de l'Amérique du Nord par une ou deux fabriques de ciment depuis plusieurs années. L'année 1929 a été marquée par la mise au point d'un navire de ce genre d'un nouveau type, dans lequel le déchargement de la cargaison s'effectue à l'aide d'un ou de deux godets racleurs se déplaçant dans des tunnels, au lieu des convoyeurs à courroie habituels. Des bateaux et des péniches d'un type à peu près analogue ont été adoptés pour le transport en vrac sur la côte de l'Atlantique et sur le Mississipi et l'Ohio ainsi que sur les Grands Lacs. La conséquence économique de ces dispositions nouvelles a été la construction d'ateliers d'ensachage ou d'embarillage dans des villes très éloignées des cimenteries, ce qui a fait bénéficier plusieurs usines à même d'utiliser la voie d'eau d'une grande partie des avantages jusqu'alors réservés aux usines situées en plein centre de grande consommation, car des livraisons par camions peuvent être faites directement des ateliers d'expédition chez le client.

Depuis près de deux ans, la Portland Cement Association a fait faire à l'Université du Minnesota des recherches sur le broyage en circuit fermé, en collaboration avec le Bureau of Mines, et au Bureau of Standards des recherches basées sur la granulométrie. Quoique les résultats de ces recherches n'aient pas été rendus publics, sauf pour les membres de la Portland Cement Association, on en sait assez pour prévoir qu'ils seront presque révolutionnaires.

Le broyage humide en circuit fermé, s'est contré efficace et économique en métallurgie, mais il n'en a pas été même pour le broyage à sec en circuit fermé. Le développement simultané de ces deux méthodes ouvre à nouveau la contreverse sur les procédés sec et humide. L'une ou l'autre est d'une application plus ou moins efficace suivant la dimension des granules broyées la plus favorable aux réactions chimiques du four rotatif; il semble que ce point soit bien établi, quoiqu'avec de légères variation selon les matières et les conditions de fabrication.

Durant ces dernières années, en raison de la demande croissante de ciment de prise de plus en plus rapide et de la proportion plus étudiée des matières qui en est la conséquence, le procédé humide était de beaucoup le plus répandu. Non seulement la préparation est plus exacte et le contrôle plus aisé, mais l'économie que procure le broyage humide, donne au procédé humide des avantages indéniables. L'équipement Ford, pour le procédé humide, par l'emploi de filtres à boues et en outre par ses méthodes évitant les pertes de chaleur, a réduit la consommation de charbon, répartie sur un mois, à moins de 20 kg pour 100 kg de ciment, avec du charbon à 7800 cal.

Mais, depuis l'emploi de séparateurs en circuit fermé avec les broyeurs de matières premières à sec et l'adoption d'un contrôle précis de la dimension des particules débitées, la comparaison des deux procédés doit être reprise, semble-t-il, sur de nouvelles bases. Certaines usines, d'installation ancienne et presque désuète, ont ainsi obtenu des résultats remarquables, au point de

vue de la qualité du produit et du rendement, tant des groupes broyeurs que des fours. Les séparateurs à air, surtout en queue, ne constituent nullement une nouveauté en cimenterie, mais le type actuel et son adaptation sont nouveaux. Suivant certains fabricants, d'une expérience industrielle consommée, bien des usines anciennes équipées pour le procédé sec ne pourraient que gagner à employer le broyage à sec en circuit fermé, à sélectionner les particules de matière brute suivant la dimension convenable pour une fabrication donnée, et à utiliser les méthodes de mélange à sec les plus perfectionnées.

La Société américaine pour l'Essai des Matériaux projette actuellement de réviser les spécifications des normes s'appliquant au ciment Portland, en portant les épreuves de résistance minimum à la traction au 7e jour de 15,8 à 19,3 kg/cm², et la résistance minimum à la traction au 28e jour de 22,8 à 24,6 kg/cm². Une sous-commission spéciale a été nommée pour étudier la question de la limitation de la teneur en chaux, en adoptant le rapport moléculaire de la chaux à la silice, à l'alumine et au fer. La Commission prépare à titre d'essai de nouvelles spécifications pour le ciment Portland à prise rapide: au lieu des 2% d'anhydride sulfurique indiqués, on propose d'augmenter cette proportion à 2,5%; on propose en outre de porter la résistance minimum à la traction à un jour à 19,3 kg/cm², et à trois jours à 26,36 kg/cm².

La prise apparente du ciment.

Nous avons reçu la lettre suivante de M. Frederick Whitworth de Bruxelles:

Monsieur,—En réponse à la lettre signée " W. T. W.," publiée dans le numéro d'août 1929 de Cement and Cement Manufacture, et ayant trait à la prise apparente du ciment, je vous adresse ci-dessous le résultat de quelques expériences faites par moi-même, il y a quelque temps, avec les conclusions auxquelles j'ai abouti.

Les essais ont portés sur les points suivants:

(1) Un échantillon fût prélevé sur du ciment normal, ne présentant aucun signe de prise apparente, bien que le gâchage ait eu lieu avec une vitesse excessive. Cet échantillon a été chauffé pendant une demi-heure à 150° C et il se trouvait par suite dans les mêmes conditions que si le broyage l'avait fortement échauffé; le début de la prise apparente s'est produit au bout de dix minutes environ.

(2) Un échantillon de clinker a été pulvérisé à l'aide d'un petit broyeur de laboratoire, et divisé en trois parts. Les essais suivants ont été exécutés:

(*a*) Le gâchage a suivi immédiatement le broyage, et la prise a été rapide.

(*b*) La seconde partie a été gâchée, après addition de 4% de sulfate de chaux (gypse); l'allure du durcissement a été modérée, et le début de la prise a eu lieu au bout d'une demi-heure (épreuve à l'aiguille de Vicat).

(*c*) La troisième partie a été malaxée avec 4% de gypse, et chauffée à 150° C. pendant une demi-heure. Il en est résulté une prise " mouchetée "; en certains endroits se manifestait une légère prise apparente, mais dans l'ensemble la prise s'est poursuivie à une allure modérée comme pour l'échantillon (*b*).

J'en ai tiré les conclusions suivantes: ce qu'on appelle la prise apparente est dû au gypse, qui fait en partie prise séparément, tandis que le ciment lui-même continue sa prise normale. Si le gypse est très finement moulu, et que son mélange avec le ciment soit très intime, il formera, aussitôt après le

gâchage, une légère structure à l'intérieur de la masse. L'image la plus précise que je puisse donner de cette structure est celle d'une éponge imbibée d'eau, l'éponge représentant l'ossature de gypse, et l'eau le ciment. Quand le gypse déshydraté ne forme pas un mélange intime avec le ciment, ou si son broyage est grossier, les particules de gypse ne peuvent avoir d'action sur la prise, elles ne peuvent former cette ossature, ou bien cette ossature n'a pas la cohésion suffisante pour supporter l'aiguille qui sert à déterminer la durée de la prise.

Pour faire ces expériences, il faut donc se placer dans des conditions aussi conformes que possible à celles d'un atelier de broyage, en ce qui concerne la durée, la température et le malaxage mécanique, sinon il est vraisemblable que les résultats seraient entachés de graves erreurs.

Il semblerait aussi que les ciments sujets à cette prise apparente tiennent en solution des traces de SO^3, mais en quantité néanmoins suffisante pour retarder la prise du ciment proprement dit. Une série d'épreuves de résistance à la traction pratiquée sur un ciment de cette nature a montré qu'il n'y avait aucune différence entre un ciment gâché rapidement et abandonné au durcissement et un ciment remalaxé après avoir laissé la prise apparente se propager. On a également trouvé qu'un mortier de sable et de ciment de dosage 3 : 1, donnait lieu au phénomène de la prise apparente, ce qu'indique que ce mélange peut former une structure en " éponge," les particules de sable jouant le rôle des grands trous d'air de l'éponge qui restent vides, lorsque la tension superficielle est insuffisante pour supporter la quantité d'eau correspondante.

En certains des cas cités par votre correspondant, il se pourrait que l'ossature dûe à la prise apparente, soit démolie par le gâchage. Je pense que c'est souvent ce qui arrive, et ma pratique habituelle est d'enlever une petite partie de la pâte pendant le gâchage, et de la mettre de côté pour observation tandis que je poursuis le gâchage de la partie principale.

Ce sujet est de quelque importance, car je connais des cas dans lesquels un ciment présentant cette prise apparente a été refusé, bien que sa qualité ait été excellente, et que son emploi n'aurait apporté aucun trouble dans la construction.

Comme conclusion, je vous adresse des voeux pour que votre journal international remporte un grand succès, et, d'après ce que j'ai observé dans les divers pays, je puis vous assurer que votre journal y est apprécié à sa juste valeur.

Le ciment importé en Grande Bretagne.

A partir du 17 mars 1930, tout le ciment Portland importé en Grande Bretagne doit comporter la marque du pays d'origine. L'Ordre légal du Board of Trade relatif aux importations de ciment spécifie :

" Il ne sera permis de vendre ou d'exposer pour la cente en Grande Bretagne (à partir du 17 mars 1930) aucun ciment Portland importé, s'il ne porte pas d'indication d'origine.

" L'indication d'origine devra être imprimée, gravée, peinte au pochoir ou autrement, ou marquée au fer chaud, sur tous les sacs, barils ou autres récipients dans lesquels le ciment est vendu, ou exposé pour la vente.

" Les marchandises auxquelles cette partie de l'ordre s'applique devront porter l'indication de l'origine prévue pour la vente, seulement si la personne exposant ces marchandises n'est pas un commerçant en gros.

" Cet ordre n'impose pas aux marchandises auxquelles la disposition s'applique, de porter une indication d'origine au moment de l'importation."

Nouvelle machine d'ensachage.

Il suffit de s'occuper de broyage pour savoir qu'à l'état moulu, les matières telles que le ciment, le charbon, le gypse, etc., une fois introduites dans un récipient, occupent au début un volume plus grand qu'après un certain temps de conservation. Ce phénomène est dû à l'air entraîné par le corps pulvérulent, dont la présence crée des vides entre les particules. Pendant la durée de la conservation dans le récipient, cet air s'échappe lentement, la matière pulvérulente s'affaisse et occupe un volume moindre. Une machine qui vient d'être mise sur le marché par la Andreas Maschinen-Gesellschaft, est basée sur ce fait ; selon les constructeurs, ce serait la première machine à peser avec précision et à ensacher automatiquement qui secoue les sacs au moment même du remplissage, ce qui permet l'emploi de sacs plus courts.

Le secouage réduit le volume du ciment, et la longueur du sac peut, par suite, être diminuée de 5 à 10 cm, proportionnellement à l'augmentation de la densité du ciment. L'objection éventuelle que les sacs auraient une plus grande tendance à crever est, paraît-il, contredite par l'expérience, et l'économie résultant de l'emploi de sacs plus courts peut se monter à 10.000 francs par mois, même dans une cimenterie d'importance moyenne. La longueur du sac peut être réduite d'une quantité qui dépend de la densité du ciment ensaché, et peut être déterminée de la meilleure façon par des essais après l'installation de la machine ; cette détermination se fait en réservant une certaine marge, pour qu'il reste place pour une petite quantité d'air dans le sac ayant subi les secousses. Les renseignements que nous avons recueillis nous permettent de dire qu'en Europe un certain nombre d'usines ont utilisé les sacs courts, du type Andreas, secoués pendant leur remplissage, et que ces sacs ont effectué de longs voyages en mer sans subir aucun dommage.

Le fonctionnement de la machine d'ensachage à valve Andreas s'explique comme suit par sa description. Le ciment, ou tout autre corps moulu, est acheminé du silo sur un blutoir rotatif à tissu en fort fil d'acier. Le ciment est réparti sur le tissu par une vis tournant dans une enveloppe perforée, ce qui réduit l'usure du blutoir, facilite et accélère le blutage. Ce blutage a pour objet de séparer du ciment les corps étrangers, pour les empêcher d'arriver à la machine. Sous le blutoir se trouve une vis distributrice largement calculée pour alimenter la balance placée au-dessous. La balance utilisée est une machine de précision qui opère d'après le poids et non d'après le volume. Les dimensions de la caisse sont suffisantes, quelle que soit la densité du ciment manipulé.

Le contenu normal d'un sac de ciment est de 50 kg, et le contrepoids, normalement employé dans la machine, est prévu pour cette quantité. Il peut toutefois arriver une demande de sacs contenant une quantité de ciment plus forte ou plus faible, et la disposition de la machine est telle que le changement de contrepoids se fasse aisément et avec rapidité. La balance est enfermée dans un coffre étanche à la poussière, et elle fonctionne très aisément. De même que pour toutes les balances de précision, le chargement se fait au début par un dispositif d'alimentation principal, et se continue par un dispositif complémentaire qui fait l'appoint.

Le déchargement de la machine se fait par le clapet du bas, sur lequel l'opérateur ne peut agir tant que la charge n'est pas rigoureusement pesée. Le nombre de pesées s'enregistre automatiquement. Les sacs une fois pleins se déplacent automatiquement, ce qui facilite grandement la tâche de l'ouvrier.

La construction des clapets d'entrée et de sortie de la balance est telle

qu'après leur fermeture, ils sont absolument étanches. Après pesée, la charge de ciment tombe à la sortie de la machine dans une trémie ou entonnoir placée en dessous, à l'extrémité inférieure de laquelle se trouve une turbine boulonnée à demeure. L'expérience montre que quand le ciment tombe dans l'entonnoir, il pourrait se tasser dans le sac par sa seule force vive; cette tendance est néanmoins renforcée par l'action de la turbine.

Comme la turbine de la machine Andreas ne tourne que pendant la durée effective de l'ensachage, et que la force vive du ciment, à son entrée dans la turbine, est déjà appréciable, on peut prévoir que l'usure et la consommation d'énergie ne peuvent être que faibles. La buse d'ensachage est solidement boulonnée à la turbine, ce qui évite toute déperdition de poussière par le joint. En raison de la séparation des opérations de pesée et d'ensachage, grâce à la trémie disposée sous la machine à peser, on peut secouer les sacs sans troubler le fonctionnement de la machine à peser.

Les buses d'ensachage pour sacs spéciaux s'adaptant au clapet se déboulonnent aisément et avec facilité, et peuvent être remplacées par des ajutages permettant d'ensacher des sacs ordinaires. Tous types de sacs peuvent par suite être utilisés, qu'ils soient en papier ou en jute, ordinaires ou s'adaptant aux clapets. La plateforme sur laquelle on dispose les sacs pendant l'opération de remplissage, peut être réglée en hauteur pour les sacs de toute longueur et de tout modèle.

Il arrive que les sacs disponibles soient déchirés, leur réparation n'ayant pas été effectuée par oubli. Le cas a été prévu, et la machine est pourvue d'un dispositif simple que l'on met en action à volonté, pour prévenir toute perte appréciable par les trous de tels sacs. La minime quantité de poussière qui se produit est reprise sans délai par aspiration, et cette solution est rendue possible par la pression relativement basse à laquelle travaille la turbine. L'agencement du mécanisme à secousses permet de le débrayer facilement quand on procède au remplissage de sacs plus longs, qu'il n'est pas nécessaire de secouer.

La machine quadruple est manœuvrée par un seul opérateur, qui reste assis devant la machine. Les seules manœuvres qu'il ait à effectuer consistent à attacher les sacs aux buses, à actionner, d'une seule main, un levier pour mettre la machine à peser en position de déchargement au-dessus du sac à remplir. Au même instant, un sac plein se détache automatiquement d'une autre buse. La fig. 1 (page 578) montre la nouvelle machine d'ensachage.

Le seul objet du levier est de provoquer la décharge de la balance dont la trémie est alors pleine, ce qui ne demande qu'une très faible force. Le dispositif est en outre tel que l'opérateur ne peut vider la balance avant qu'elle ne contienne sa charge exacte de 50 kg, ou tel autre poids pour lequel la machine a été réglée. On a ainsi l'assurance que, si l'opérateur a bien adopté la cadence de la machine, aucun sac insuffisamment rempli ne sera mis en circulation. La machine à peser travaille avec une telle rapidité qu'un homme exercé peut aisément remplir 900 sacs à l'heure. La commande de cette machine ne nécessite pas à la fois l'intervention de la main et du pied.

L'énergie absorbée par la machine complète, qui s'exerce sur le blutoir, le distributeur, les quatre turbines et les quatre appareils à secousses, est de 7 ch, de sorte que l'usure du mécanisme est relativement faible. Tous les organes de transmission font partie intégrante de la machine, et les frais d'installation en sont par suite très faibles.

L'équipement est garanti pour débiter 600 sacs à l'heure, mais un bon ouvrier arrive à manipuler 900 sacs à l'heure. Le poids des sacs est garanti

à 200 gr près, mais en réalité, paraît-il, l'exactitude obtenue est beaucoup plus grande.

Le travail précis de la Machine Andreas provient des caractéristiques suivantes: (1) Séparation des opérations de pesée et d'ensachage; (2) emploi d'une balance de précision; (3) large alimentation en ciment de la balance; (4) haute précision et construction générale de la machine.

L'excédent, dû à la surabondance de l'arrivée de ciment à la machine, peut être acheminé sur l'élévateur de la ligne de transport principale aboutissant au silo alimenteur, ou, si cela convient mieux, sur le silo d'emmagasinage. Par cette dernière combinaison, on évite de dépasser éventuellement la capacité du silo alimenteur.

Il serait préférable dans tous les cas de brancher la machine sur un équipement d'aspiration de poussière, quoique la poussière dégagée pendant son fonctionnement soit si faible, paraît-il, que l'opérateur n'éprouve pratiquement aucun inconvénient, si cette précaution est négligée. La poussière aspirée peut être refoulée sur le silo ou sur un filtre à poussières.

Les sacs une fois remplis, un dispositif automatique les enlève d'habitude de la machine, et les fait basculer sur un convoyeur. Ce dernier aboutira de préférence au quai d'embarquement, qui sera placé aussi près que possible de la machine d'ensachage, pour éviter la nécessité d'installer une courroie transporteuse de grande longueur. Il est avantageux d'avoir un convoyeur à courroie réversible, ce qui en certaines circonstances, accélère la rapidité de chargement.

Il est possible, bien entendu, d'opérer sans convoyeur, et dans ce cas, le mieux est d'installer la machine tout près du quai d'embarquement. Il faut deux hommes pour enlever de la machine les sacs pleins, tandis qu'un troisième manœuvre un cabrouet entre la machine d'ensachage et la banquette de chargement. La fig. 2 (page 579) montre deux machines d'ensachage installées dans une usine à ciment. La machine est de construction robuste, ce qui est essentiel pour un appareil de cimenterie. Des brevets ont été pris dans tous les pays pour protéger la mécanisme à secouer les sacs.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Tarif des Abonnements.

À cause de l'accroissement considérable du prix de revient de "Cement and Cement Manufacture" sous sa nouvelle forme, il est devenu nécessaire d'élever le prix du numéro à 2 schellings. Le prix de l'abonnement annuel (y compris les frais de port pour tous pays) est de 24 schellings (Frs. 150). Les abonnés actuels, portés sur nos listes et dont l'abonnement est payé d'avance continueront à recevoir la publication aux anciennes conditions, jusqu'à expiration de leur abonnement.

Les abonnements annuels doivent être adressés à "Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, London, S.W.1, Angleterre, et les publications seront adressées par la poste, régulièrement chaque mois, pour la durée de l'abonnement.

Flow of Materials

A BOOK FOR CEMENT WORKS ENGINEERS

THE cement-works official who desires to apply scientific control to rotary kilns must be able to measure air-flows, calculate heat quantities, and work out heat-balance sheets; for this purpose he must have at his elbow books of tables connected with these three sciences. In his new volume, "A Treatise on Chemical Engineering," *Dr. Geoffrey Martin* (late Director of the Portland Cement Research Association) has the needs of the cement industry prominently in his mind. This book starts from first principles and gives explanations which should be comprehensible by all who are inspired by the ideal of scientific control, no matter what may be their stage of education.

The book deals with the flow of air, gases, liquids, and with the flow of powders under the influence of pneumatic transport. These subjects are closely connected with cement manufacturing processes where the flow of air for rotary-kiln combustion, the flow of slurry through pipes, and the propulsion of powdered-coal into the kiln or ground cement into bins by pneumatic transport are matters upon which success or failure depend. Methods are described of calculating the air-supply of rotary kilns and the dimensions of the air-ducts and pressures required in connection therewith. Tables are given relating water-gauge measurements with air quantities at various temperatures, and also ready-reckoning tables connecting diameters and areas of pipes and ducts. Other chapters give the principles of the Pitot tube and its practical application to measurement of air and gas quantities, including the various types of manometers that can be used. It is shown how the formula for calculation is evolved, and examples of the application of the formulæ are given, many of them being solutions of rotary-kiln problems such as the calculation of the velocity of hot air entering a rotary kiln when the dynamic pressure (W.G.) and temperature are measured.

The effect of viscosity on fluid flow is discussed, formulæ are worked out, tables of viscosities of gases and liquids are given, and viscometers are described. The reader is enabled to calculate the fan power required for the induced draught of a rotary kiln, the power required by an air-compressor for a certain duty, the power required for pumps to transport slurry a given distance through a pipe-line, and many of the other problems which confront a cement works engineer. There are 50 pages of tables giving volumes and weights of the gases at temperatures coming within the purview of the rotary-kiln controller.

Price by post (anywhere in the world) **64/-** *from—*

Concrete Publications, Limited

20, Dartmouth Street :: London, S.W.1

BAND 3. NUMMER 4. APRIL 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
DIE INTERNATIONALE ZEMENTZEITSCHRIFT IN VIER SPRACHEN.

DEUTSCHER TEIL

VERLEGT BEI CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Erscheint am 20 jeden Monats. Preis 2 Shilling das Heft. Postfreier Jahresbezug 24 Shilling.

Ein Gegenstand der Forschung.

DIEJENIGEN, welche in enger Fühlung mit der Prüfung und Verwendung von Zement sind, sind sich darüber klar, dass Eigenschaften vorhanden sind, die in den Normenvorschriften keine Berücksichtigung finden, wodurch die Tendenz, Sonderarten von Zement populär zu machen, gefördert wird. Ausser den Festigkeits-, Raumbeständigkeits- und Abbindeeigenschaften sind noch weitere vorhanden; selbst die Geschwindigkeit des Erhärtens wird nicht zufriedenstellend in Festigkeitswerten nach 24 Stunden oder 48 Stunden ausgedrückt. Es ist einleuchtend, dass diese besonderen, zur Beliebtheit führenden Eigenschaften schwierig bestimmbar sind, da sie andernfalls in den Normenvorschriften Berücksichtigung gefunden haben würden; es handelt sich vielmehr um Charakteristika, welche von verschiedenen Verbrauchern in verschiedener Weise verlangt werden, Es ist z.B. bekannt, dass einige Zemente weniger durch verunreinigte Sande als andere beeinflusst werden; zwei Zemente können ähnliche Abbindezeit und Festigkeit im frühen Alter besitzen, und während der eine gut abbindet und erhärtet, wenn er mit lehmigen Zuschlagstoffen gemischt wird, benötigt der andere mehrere Tage zur Erhärtung. Je nach der Auffassung, auf die man hinsichtlich des Mechanismuses des Abbindens und Erhärtens von Zement eingestellt ist, ist es entweder die Kristallbildung oder die Austrocknung des Gels, die in dem einen Falle durch die Anwesenheit des Lehms in dem Zuschlagstaffe verhindert wird.

Es gibt keine Erklärung für die Ursache dieses Unterchiedes, der zwischen zwei Zementen besteht; es ist indessen augenscheinlich, dass der Zusatz von Chlorkalzium zu Beton ein Mittel ist, um den Nachteil der trägen Erhärtung mit lehmhaltigen Zuschlagstoffen zu beheben. Es ist unklar ob dieses Hilfsmittel seine Wirksamkeit von einer Aenderung des Lehms im Zuschlagstoff, wie durch Zerstörung der Kolloidbildung, herleitet, oder ob diese auf dem Einfluss des Chlorkalziums auf den Zement beruht. In einer kürzlich erschienenen Veröffentlichung* der Building Research, England jedoch wird aus einer Bearbeitung der, mit der Wirkung von Chlorkalzium auf Beton handelnden Literatur nachgewiesen, dass die Einwirkungen auf die Abbindezeit und die Festigkeit mit verschiedenen Zementmarken schwanken, wenn reiner Zement und mit Normalsand gemischter Zement geprüft wurden. Hieraus

* Sonderbericht No. 14 der Building Research, Verlegt durch H.M. Stationery Office, London, Preis: 9d.

dürfte hervorgehen, dass das verschiedene Verhalten in den Zementen begründet ist.

Ein weiterer Unterschied, der nicht aus den Normenvorschriften hervorgeht, ergibt sich aus Drehofen-und Kammerofenzementen. Diejenigen, welche im Anfang des Jahrhunderts mit dem Absatz von Zement zu tun hatten, werden sich erinnern, dass sich Schwierigkeiten durch den Ersatz des Kammerofenzements durch Drehofenzemente ergaben. Es war leicht nachzuweisen, dass die Drehofenzemente hinsichtlich Festigkeit, Raumbeständigkeit und Reinheit überlegen waren; diese Eigenschaften wurden jedoch, nach gewissen Handwerkertypen zu urteilen, nicht, aufgewogen gegen gewisse Eingenschaften des Kammerofenzements, die durch Prüfmethoden unbestimmbar waren. Es gibt noch bis heute viele Betonfussbodenleger und Stuckateure, welche versichern, dass die Zemente vor zwanzig oder dreissig Jahren für ihre Zwecke den hochwertigen von heute überlegen waren. Dieses höher Einschätzen kann in Verbindung mit der Mahlfeinheit stehen; doch ist es wahrscheinlich, dass es auf dem Mass des Steifwerdens von Zementmörtel beruht, welches es ermöglicht, das Nacharbeiten und Glätten des Bodens oder Putzes innerhalb eines Arbeitstages und in zufriedenstellender Weise auszuführen. Diese Unterschiede bestehen zweifellos, aber ihre Ursachen sind dunkel und als Gegenstand der Forschung vorgesehen.

Die bereits erwähnte Veröffentlichung der Building Research Station ist hauptsächlich eine Zusammenstellung der Literatur über die Verwendung von Chlorkalzium und Natriumchlorid als Frostschutzmittel für Mörtel oder Beton. Wie man nach dem Résumé der Weltliteratur erwarten kann, besteht keine einheitliche Auffassung. Die Informationen über die Wirkung von Chlorkalzium-Zusätzen auf die Festigkeit von Mörtel und Beton sind jedoch sehr interessant wegen der Anstrengungen, die in den Vereinigten Staaten gemacht worden sind, Betonfabrikanten zu überreden, dass ein schnellerhärtender Beton hierdurch statt durch die konservative, in Europa übliche Methode der Verwendung eine hochwertigen Portlandzements erhalten werden kann. Die neuerlich in den Vereinigten Staaten von Amerika geübte Tendenz scheint sich indessen in Richtung der hochwertigen Zement zu entwickeln, womit sie sich der, in der ganzen Welt geübten Praxis der Zementfabrikanten anschliesst, die keine anderen Zusätze zu Beton als Zement und Zuschlagstoffe empfehlen wollen.

Die Broschüre ist mit der Absicht herausgegeben worden, die Literatur des durch den Titel gekennzeichneten Gegenstandes zusammenzustellen und, um für Anfragen Antworten vorzusehen. Das Ergebnis der Untersuchungen der gut bekannten Forscher wie Abrams, Graf und Platzmann kann nicht als Empfehlung, Chlorkalzium als Betonverbesserer zu verwenden, angesehen werden, da verschiedene Unsicherheiten in Rechnung zu stellen sind, unter denen das Risiko von Verunreinigungen durch Chlorkalk im Chlorkalzium, die Tendenz die Bewehrungseisen zu korrodieren, wenn der Beton nicht sehr dicht ist, und das verschiedene Verhalten von verschiedenen Zementmarken sich befinden. Obwohl Chlorkalzium offensichtlich in vielen Fällen die Festigkeit von Beton steigert, ist dennoch die Ungewissheit seines Einflusses so gross, dass, wenn das Risiko eines Fehlschlages vermieden werden soll, eine vollkommene Versuchsserie mit den zu verwendenden Materialien unter den auf der Baustelle herrschenden Bedingungen notwendig ist, ehe die sicheren Verhältnisse des Chlorkalzium-Zusatzes ermittelt werden können. Seiner hygroskopischen Natur wird ein mit Chlorkalzium-Zusatz verbundener Vorteil zugeschrieben; diese veranlasst dass der Beton die Feuchtigkeit zurückhält und so Schwindrisse, welche die Festigkeit reduzieren, vermieden werden. Dieser Vorteil von Chlorkalzium dürfte im allgemeinen billiger erreichbar sein durch Lagern in feuchter Luft. Die Broschüre befasst sich auch mit dem Einfluss des Zusatzes von gewöhnlichem Salz (Natriumchlorid) zu Beton, und es wird gefolgert, dass dieser ein unerwünschter Zusatz ist.

Das neueste Zementwerk in den Vereinigten Staaten.

Das neueste Zementwerk, welches in den Vereinigten Staaten vollendet wurde, ist das der Republic Portland Cement Company in San Antonio (Texas). Dieses Werk wurde im Herbst 1928 begonnen und vollendet sowie in Betrieb genommen im August 1929. Es ist ein gutes Beispiel der heutigen Arbeitsweise in der Errichtung und Ausrüstung von Zementfabriken in den Vereinigten Staaten. Die Zementingenieur-Firma Richard K. Meade & Company, Baltimore, Ma. entwarfen und überwachten den Bau der Anlage. Die Firma Terrell Bartlett Engineers, Inc., San Antonio (Texas) waren die Platzingenieure; die Anlage wurde gebaut von der Firma Smith Bros. Inc., Crockett (Texas).

Die Anlage war bestimmt 3500 Fass Zement pro Tag herzustellen,— das amerikanische Fass weigt 374 Pfund oder 170 kg; sie hat tatsächlich 4000 Fass pro Tag produziert. Sie liegt ungefähr 12.87 km nordöstlich von San Antonio und wird von den Missouri-, Kansas-und Texas-Eisenbahnen sowie von der International und Great Northern Abteilung des Missouri-Pacific Eisenbahnnetz bedient. Die Anlage ist auch durch eine Betonstrasse mit den San Antonio-und Austin-Chausseen verbunden so, dass der Zement mit Strassenfahrzeugen geliefert werden kann. Kraftstrom wird von der San Antonio Public Service Co. bezogen und Naturgas zum Brennen von der Southern Gas Co. Gips wird von der United States Gypsum Co. gekauft und von deren, 322 km entfernten Brüchen bei Falfurias (Texas) herangeschafft. Wasser wird aus Tiefbohrungen auf dem Grundstück des Werks bezogen. Abb. 1 (siehe Seite 541) ist eine Ansicht der Anlage von Westen und Abb. 2 (siehe Seite 543) ein Grundriss, welcher die Lage der verschiedenen Gebäude, des Steinbruchs usw. zeigt. Die Konstruktion der Gebäude ist dauerhaft und massiv. Eisenbeton ist nicht nur für die Gebäude verwendet sondern auch für die Mühlenbehälter und Kranlaufbahnen, und besondere Aufmerksamkeit ist auf das architektonisch wohlgefällige Aussehen verwandt. Die sämtlichen Gebäude bestehen mit Ausnahme des Ofenhauses aus Eisenbeton mit Zementziegelfüllung und einem Ueberzug von gelbbraunem Putz. Das Ofenhaus ist aus Stahl mit grösstenteils offenen Seiten. Die Dächer bestehen aus ausgerippten Asbestplatten.

Rohmaterial und Steinbruch.

Das Grundstück umfasst ungefähr 195.25 Hektar. Das Rohmaterial besteht aus einem tonerdehaltigen Kalk, welcher im Charakter von weicherdig bis hart wechselt. Es werden gelegentliche Einsprengungen oder Krusten von hartem Kalkstein gefunden, doch im allgemeinen ist das Material weich und kann daher, relativ gesprochen, leicht gemahlen werden. Die Ueberlagerung über dem Kalk ist gering und zwar durchschnittlich 60 oder 90 cm auf dem grösseren Teil des Geländes stark. Geologisch gehört das Material zu dem Austinschen Kalk, welcher eines der niederen Glieder der Golfserie der oberen Kreide-Periode ist. Aehnliches Material wird von der San Antonio Portland Cement Co., welche auch eine Fabrik in San Antonio besitzt, gebraucht. Die chemische Zusammensetzung des Rohmaterials ist wie folgt:

	Kalkstein %	Tonerdehaltiger Kalkstein %	Kalkhaltiger Ton %
Kieselsäure	8.25	15.96	34.20
Tonerde	3.06	4.67	9.48
Eisenoxyd	1.76	2.13	3.25
Calciumcarbonat ...	84.88	75.07	50.15
Magnesiumcarbonat ...	1.28	1.78	1.15

Das Material liegt nicht in genau abgegrenzten Ablagerungen, sondern differiert von der Grenze eines ziemlich reinen Kalksteins bis zum kalkhaltigen Ton hin, wie oben gezeigt wurde. Teils ist das Gelände mit stark kalkhaltigem Material unterlagert, teils mit schwach kalkhaltigem Material und teils mit Kreide; die Zusammensetzung der Kreide ist nahezu richtig zum Brennen, und augenblicklich werden die Abbauarbeiten fast ganz auf diese Zone begrenzt. Es wird so gegraben, dass ein Material erlangt wird, das durch besondere Mischung des Schlamms zum Brennen geeignet ist.

Der Bruch liegt zur Zeit auf der Nordwest-Seite der Anlage und besteht aus einem schmalen Schnitt längs einer Schlucht, in deren Grund einst ein Fluss floss. Letzterer ist abgeleitet, und der Bruch ist drainiert worden. Die derzeitige Grösse des Bruchs beträgt ca. 6 m zu 150 m. An einem Ende ist die Kreide besonders stark kalkhaltig, während sie am anderen Ende tonhaltig auftritt; durch Arbeiten zwischen beiden Enden wird eine zufriedenstellende Mischung erzielt. Der Abbau ist östlich gegen Bodenerhebungen ausgedehnt so, dass er äusserst eine Höhe vom 12 oder 15 m erreicht. Man beabsichtigt, den Abbau nur auf dieser Höhe zu halten, um den Bruch selbstdrainierend zu machen. Praktisch gibt es augenblicklich keinen Abfall, und das Gestein ist so genügend hoch im Kalkgehalt, dass die Oberschicht als Teil der Mischung mit abgetragen werden kann. Man hält den Kreidevorrat für praktisch unerschöpflich; durch Bohrungen ist für mindestens 100 Jahre ausreichendes Material festgestellt worden.

Das Gestein erfordert wenig Bohrungen und Sprengungen. Was an Bohrungen erforderlich ist, wird durch einen Keystone „Joplin Special"-Brunnenbohrer ausgeführt, welcher mit einem Gasmotor und Raupenrädern versehen ist. Gleichfalls ist noch ein Ingersoll-Rand Wagen-Bohrer da, welchen man für dieses Material als sehr zufriedenstellend feststellte.

Die Kreide wird durch eine elektrische Marion Schaufel aufgeladen, die mit Raupenrädern, einem 1.5 cbm starken Greifer und Ward-Leonard-Steuerung versehen ist. Diese Schaufel wird mit Wechselstrom betrieben. Die elektrische Krafteinheit besteht aus einem 85 PS starken Kurzschlussmotor, der direkt mit drei D.C. Generatoren von 50, 15 und bezw. 15 Kilowatt gekuppelt ist. Diese drei Stromerzeuger arbeiten mit 60 PS Motor zum Hochwinden, mit 23 PS Motor zum Drehen und mit 23 PS Motor zum Fahren. Die Schaufel ist ebenfalls mit einem 5½ Kilowatt-Generator versehen. Die Kreide wird in 8 t Wagen, die seitlich kippbar und von der Easton Car Company hergestellt sind, geladen. Diese werden die kurze Entfernung bis zum Werk durch eine 10 t-Plymouth Benzinlokomotive, die bei der gegenwärtigen Steigung von 0.8 Prozent sechs Wagen bewegen kann, gezogen.

Abb. 3 (siehe Seite 544) zeigt die Schaufel, Lokomotive und die Wagen und gibt eine Vorstellung von dem derzeitigen Steinbruch. Der Keystone und Ingersoll-Rand Wagen-Bohrer kann im Hintergrund erblickt werden. Die auf der Abbildung gezeigte kleine Schaufel gehört nicht zu der etatmässigen Ausrüstung der Fabrik, sondern sie wurde nur bei Eröffnung des Bruches benutzt.

Zerkleinerungs-Anlage.

Abb. 1 (siehe Seite 541) ist eine Ansicht der Fabrik von Westen; im Vordergrunde befindet sich die Zerkleinerungsanlage. Abb. 2 (siehe Seite 543) ist ein Grundriss. Der Zug mit den sechs Wagen wird so durch das Brechergebäude gezogen, dass sich der letzte Wagen oberhalb der Trichter befindet; die Wagen befinden sich dann mittels eines automatischen Rangierspills in der Mitte der Fahrbahn. Dieser besteht aus einer Kette, an

der sich zwei Haken befinden, die in einer Gleitschiene, welche an der Querverbindung befestigt ist, arbeiten. Wenn die Kette arbeitet, bewegt sich der obere Strang in Richtung auf den Brecher. Die Haken greifen eine Triebstange am Boden der Wagen und der letztere wird, wenn die Kette zum Stillstand gelangt, dem Brechertrichter gegenüber geschoben. Die Wagen werden ausgekippt durch eine oberhalb angeordnete Shepherd Winde und durch einen Gelenkhebel und Haken, der an der Rückseite des Wagens (Abb. 4, siehe Seite 544) eine Schiene fasst. Wenn die Wagen geleert sind, werden sie durch die Kette nach der Höhe einer geneigten Fläche gezogen, wo sie losgelassen werden und durch eigene Schwere zu einer Sammelweiche gelangen. Der Kalk wird aus den Wagen in einen Trichter gekippt, der mit einem 1.08 m grossen Stephens-Adamson Becheraufgeber versehen ist. Dieser speist den Brecher automatisch.

Das Material wird in einem Arbeitsgange fertig, um den Mühlen zugeführt zu werden, durch einen Dixie „ Mogul "-Hammerbrecher, der mit beweglichen Brechplatten ausgerüstet ist, gebrochen. Diese verhindern das Zusammenbacken des Materials im Brecher, wenn es feucht ist. Dieser Brecher wurde wegen seiner beweglichen Platte gewählt, die etwa einem Becherförderer gleicht. Die Plattenstücke sind aus sehr schwerem Manganstahl und die Platte wird langsam aufwärts, unabhängig von der Hammerachse, durch einen kleinen 5 PS starken Motor bewegt. Der Brecher wird durch einen 250 PS starken Motor, die Wagenwinde durch einen 17 PS starken Motor und die Brecheraufgabe durch einen 15 PS starken Motor von verstellbarer Geschwindigkeit mit Jones-Reduktionsgetriebe in Gang gesetzt. Der Wagenkipper, das Rangierspill, die Brecherplatten, die Brecheraufgabe und die Brecher werden von der in Abb. 4 (siehe Seite 544) gezeigten Stelle gesteuert. Die Zufuhr zum Brecher wird durch einen Strommesser am Brechermotor reguliert, der Ueberlastung anzeigt und und auch anzeigt, wenn die Brecheraufgabe angehalten oder in ihrer Geschwindigkeit reduziert werden muss. Die Wagen können auch allmählich ausgekippt und in einer in Abb. 4 (siehe Seite 544) gezeigten Stellung gehalten werden. Ein Arbeiter kann die gesamte Maschinerie im Brechergebäude bedienen. Dieses System der Zentralsteuerung ist durch die Jngenieurfirma Richard K. Meade & Co. ausgearbeitet worden. Es ist ein 10 t von Hand getriebener Gehäusekran, der das ganze Gebaude erfasst, für Reparaturen am Brecher vorhanden. Die Laufbahn des Kranes kann man an der linken Wand des Gebäudes sehen; im Erdgeschoss des Brechergebäudes befindet sich eine Gruppe von drei 50 Kilowatt-Ampère Transformatoren (2,300/440 Volt).

Lagerung.

Das gebrochene Gestein wird von der Brecheranlage entweder zum Lager oder zum Mühlengebäude durch eine 80 cm breite, zwischen Anfang-und Endrolle etwa 120 m lange Förderrinne geschafft bei einer ca. 22 m betragenden Steigung im Winkel von 16 Grad. Die Förderrinne besitzt eine Leistungsfähigkeit bis zu 250 t in der Stunde und hat Lager vom Dreirollentyp und Alemit-Schmierung. Sie wird getrieben durch einen 40 PS starken Kurzschlussmotor mit Reduktionsgetriebe. Der Förderrinne besitzt eine selbsttätig getriebene Auslösevorrichtung, die entweder Kreide auf das Lager abwerfen kann oder aber diese in irgend einen der Behälter, welche die Rohmühlen speisen, entleeren kann. Das Lager liegt zwischen den Zementmühlen und den Kühlern, wie aus Abb. 1 (siehe Seite 541) und Abb. 2 (siehe Seite 543) hervorgeht. Der Lagerraum ist 21.5×73 m gross und 18.75 m

vom Boden bis zur Kranlaufbahn hoch. Diese besteht aus einer Eisenbetonlaufbahn auf der ein Laufkran arbeitet. Der Letztere wurde von Pawling und Harnischfeger angefertigt und hat eine Kapazitat bis zu 7.5 t bei einer Spannweite von 21.5 m; er ist mit einem Williams Maulgreifer von 2.7 cbm ausgerüstet. Abb. 5 (siehe Seite 546) ist eine Nahansicht des Lagers, der Mühlenbehalter und des Krans.

Das Lager ist in zwei Teile geteilt, für Klinker und für Kreide und zwar durch eine Querwand, die man auf der Abbildung sehen kann. Die unter dem Greifer sichtbaren Behälter sind die über den Zementmühlen befindlichen Das Steuerungshäuschen des Kran; befindet sich am linken Ende des Kranbalkens. Das Förderband ist hinter der Kranlaufbahn rechts zu sehen. Der Kran kann das Material direkt vom Lager nach den Behältern schaffen oder Material in jedem Teil des Lagers verteilen. Das Lager fasst etwa den Vorrat an Rohmaterial für 12 Tage und die Produktion an Klinker von einem Monat. Es ist auch ein grosser Betonbehälter für Gips vorhanden.

Die Verwendung von Eisenbeton für die Kranlaufbahn ist durch den guten Untergrund, auf dem die Fabrik erbaut ist, möglich geworden. Das Lager besitzt keine Betonseitenwände, doch ist hinter den Pfeilern Erde angeschüttet worden, damit ein böschungsartiger Wall geschaffen wurde.

Mühlen-Gebäude.

Sowohl die Roh-wie die Klinkermühlen befinden sich in dem gleichen Gebäude, links vom Lager auf Abb 1 (siehe Seite 541). Das Mahlen wird durch vier Allis-Chalmers „ Compeb "-Mühlen ausgeführt. Sie besitzen drei Kammern: die erste hat 2.4 m Durchmesser, ist mit Stahlkugeln gefüllt und empfängt das Material so, wie es von dem Dixie-Brecher kommt. Die anderen Kammern haben einen Durchmesser von 2.1 m und sind mit „ Concavex " gefüllt, das ein Mahlmittel ist, welches von Allis-Chalmers erfunden ist und aus abgeflachten und ausgehöhlten Kugeln von 3.1 cm Grösse in der zweiten Kammer und von 2.1 cm Grösse in der dritten Kammer besteht. Die Gesamtlänge der Mühle beträgt 12 m. Die erste Kammer hat ein äusseres Sieb, das das gemahlene Material von der ersten Kammer weitergibt. Ein Löffel nimmt das gemahlenen Material auf und führt es der zweiten Kammer zu. Jede Mühle wird von einem 800 PS starken Ueber-Synchronmotor der General Electric Co. bei einer Tourenzahl von 180 in der Minute getrieben. Diese sind direkt mit der Triebwelle der Mühle gekuppelt und magnetische Zahnkupplung ist zwischen Motor und Mühle nicht notwendig (Abb. 6, siehe Seite 546) zeigt die Mühlen und Motore.

Die Mühlen werden durch Telleraufgaben gespeist; jede Rohmühle besitzt zwei Telleraufgaben. Zwei der Behälter, welche die beiden äusseren Telleraufgaben jeder Mühle speisen, sollen die im Kalkgehalt hoch eingestellte Kreide enthalten, wahrend ein dritter Behalter zwischen den beiden letzten das niedrig im Kalkgehalt eingestellte Material enthalten soll, und dieser Behälter speist die beiden inneren Telleraufgaben. Die Dosierung der beiden Materialien wird durch die Telleraufgaben reguliert. In ähnlicher Weise haben die Klinkermühlen drei Behälter, von denene der mittlere zur Speisung von Gips und die beiden äusseren für Klinker verwendet werden. Ebenso wie die Rohmühlen hat jede Zementmühle zwei Telleraufgaben. Die beiden äusseren Telleraufgaben werden für Klinker und die beiden kleineren, inneren für Gips verwendet. Die beiden Rohmühlen-Telleraufgaben werden durch einen 5 PS starken Gleichstrommotor von verstellbarer Geschwindigkeit getrieben. Ein kleiner Generator ist mit jedem dieser Motore verbunden und zeigt am Tafelbrett die Umdrehungen in

der Minute an. Die Klinker und Gipsaufgaben sind mit einander gekuppelt, und jeder Satz von zwei Aufgaben wird durch einen 5 PS starken Motor von verstellbarer Geschwindigkeit getrieben. Die Zufuhr zu den Mühlen kann durch die Geschwindigkeit des Motors geregelt werden, entweder durch Verstellen der Kratzer auf dem Teller oder durch Heben und Senken der Behälterschütten.

Die Mühlen werden durch ein System der Niederschlagung von Staub, das durch die Northern Blower Company montiert wurde, ventiliert. Dieses System sieht vor, dass 100 cbm Luft durch jeden der beiden Exhaustoren, die durch 20 PS starke Kurzschlussmotore getrieben werden, passieren. Der Zweck dieser Anlage ist, teils Staub zu sammeln, doch sorgt es auch für Ventilation der Mühlen, indem ein grosser Luftstrom durch diese streicht und die Temperatur für ein wirksames Mahlen niedrig hält.

Schlamm-Abteilung.

Nach dem Mahlen fällt der Schlamm von den Sieben an dem einen Ende der Mühle direkt in einen aufnehmenden Sumpf. Dieser ist mit einem horizontalen Eisenrührer versehen, der durch einen 7½ PS starken Kurzschlussmotor getrieben wird. Der Schlamm wird von dem Sumpf nach den Korrektionstanks durch eine der beiden Batterien von zwei 10 cm starken Wilfley-Sandpumpen, die bei einer Tourenzahl von 1200 in der Minute durch 75 PS starke Motore getrieben werden, gefördert. Diese Sandpumpen werden jetzt in Amerika fast ausschliesslich zur Schlammförderung verwendet. Nach einem Vergleich mit dem Luftfördersystem, das in mehreren Fabriken Amerikas versucht wurde, ziehen die amerikanischen Ingenieure die Sandpumpe als wirksameres System vor, weil es weniger Wartung und Reparaturen als das Luftfördersystem erfordert. Abb. 7 (siehe Seite 548) zeigt den Rohmehlsumpf, die Pumpen und die Motore.

Es sind sechs Korrektionstanks aus Eisenbeton mit einem Durchmesser von 6 m bei einer Höhe von 9 m vorhanden. Jeder Tank ist mit einem Meade-Rührer versehen, der aus einer vertikalen Welle besteht, deren obere 1.8 m hohl sind, und die ein Stufenlager aus Hartgummi besitzt. Jede Welle ist mit fünf wagerechten Armen versehen. Die hohle Welle fördert Luft nach einem Rohrsystem, das sich nach unten ausdehnt und durch die Rührarme getragen wird. Der Inhalt des Tanks wird durch die Drehung der Arme und auch durch die Luftblasen, die vom Ende der Röhren aufsteigen, gerührt. Eine an einer kurzen Kette, wenige Zoll über dem Boden hängende Stahlschiene hält den letzteren frei von Material. Abb. 8 (siehe Seite 549) zeigt den Antriebsmechanismus der Rührer, das Schlammniveau und die Flügel.

Vier Ofenaufgabetanks von 7.2 m Durchmesser und 9 m Höhe sind mit Meade-Rührern ausgestattet. Ein Schlamm richtiger Zusammensetzung wird erhalten, indem zwei und mehr Korrektionstanks in den Ofenzufuhrtanks gemischt werden. Nach Füllung eines Ofenaufgabetanks wird er durchgeblasen, um ihn gut umzurühren. Nach Mischen der Tanks wird die Luftzufuhr gedrosselt, bis nur gelegentlich Blasen durch die Oberfläche aufsteigen.

Die Wilfley-Pumpen können den Schlamm nicht unter einer Druckhöhe von 9 m fördern; es ist daher nötig, den Schlamm von den Tanks in einen Sumpf zu leiten und von diesem nach den Pumpen. Es ist eine Pumpe für die Ofenaufgebetanks vorhanden und eine für die Korrektionstanks; diese Sümpfe sind ebenfall mit Eisenrührern versehen. Zwei 10 cm starke Wilfley-Pumpen werden für den Ofenaufgabesumpf verwendet und zwei 15 cm starke Pumpen für den Sumpf hinter den Korrektionstanks, um den Transport zu beschleunigen. Eine Pumpe arbeitet und eine ist für jeden Sumpf in Reserve gehalten. Die

Schlammniveaus sind so in Verbindung, dass Schlamm von praktisch jedem Tank zu jedem anderen, etwa gewünschten Tank gefördert werden kann. Jeder Schlammspiegel ist mit Merco-Nordstrom-Ventilen versehen. Dieses sind geschmierte geradlinige Ventile und werden in Amerika allgemein für diese Zwecke benutzt.

Oefen und Kühler.

Es sind zwei Oefen vorhanden von 3.35 m im Durchmesser und 76 m Länge mit vier Auflagerungen. Sie besitzen eine berechnete Leistungsfähigkeit von je 1750 Fass, doch wird erwartet, dass sie jeder wenigstens 2000 Fass herstellen. Die Oefen mit den Schlammtanks im Vordergrunde werden in Abb. 9 (siehe Seite 549) gezeigt. Jeder Ofen wird durch ein sogenanntes „Ferris-Rad" gespeist, das aus einer Scheibe besteht, an der gewöhnliche Elevator-Becher befestigt sind, die in einen Schlammkasten tauchen und sich in einen Kanal entleeren, der den Ofen speist. Die Oefen sind in der Sinterzone mit hochtonerdehaltigen Steinen und im übrigen Teil mit Schamotteziegeln ausgekleidet. Die Schornsteinkammern sind aus Eisenbeton mit wärmeisolierenden Ziegeln zwischen dem Beton und der Ziegelauskleidung ausgefüllt. Die Oefen werden mit Naturgas geheizt, das in die Fabrik mit einem Druck von 14 kg von qcm gelangt, der in drei Stadien auf 26 g beim Brennrohr wie folgt reduziert wird; 14 kg auf 3.5 kg, 3.5 kg auf 850 g und 850 g auf 26 g von qcm. Die Reduktoren der beiden ersten Phasen sind mit den Messapparaten in zwei kleinen Gebäuden, 60 m von der einen Seite des Ofenraums entfernt, untergebracht. Der Reduktor des dritten Stadiums befindet sich im Ofenraum selbst. Jeder Ofen ist mit zwei 60 cm starken Kirkwood-Gasbrennern ausgestattet, die an einem beweglichen Gestell hängen und sowohl mit der Gas- wie Luftleitung durch Gelenkrohre verbunden sind. Gewaschenes Leder ist bei dem Luftrohr hierzu verwendet, und 10 cm starker Gesenkschlauch aus Gummi für das Gasrohr. Diese gelenkartige Anordnung gestattet es, die Brennrohre in jedem Winkel nach der Mitte des Ofens zu neigen (Abb. 10, siehe Seite 550). Leeds-und Northrop-Pyrometer und Zugmesser sind in jede Ofenkammer eingebaut. Die Luft für das Brennrohr wird von einem 2.3 m starken Buffalo-Gebläse geliefert.

Die Oefen werden durch 75 PS starke Gleichstrommotore mit verstellbarer Geschwindigkeit und die „Ferris-Rad"-Aufgaben durch 5 PS starke Gleichstrommotore von verstellbarer Geschwindigkeit getrieben. Die Zufuhr und die Ofenmotore sind so gekuppelt, dass die Zufuhr aufhört, wenn der Ofen angehalten wird. Das Buffalo-Gebläse wird durch einen 100 PS starken Kurzschlussmotor von 900 Touren in der Minute getrieben. Daneben ist eine Vorrichtung eingebaut worden, um mit Oel brennen zu können, falls die Gaszufuhr einmal unregelmässig werden sollte. Diese besteht aus Oelbrennrohren, die Meade entwarf und den gewöhnlichen Pumpen, um Oel dem Brennrohr zuzuführen. Die Luft wird mit einem Druck von 140 g von qcm mittels eines direkt gekuppelten Turbo-Kompressormotors der General Electric Co. geliefert. Die Oelbrenner werden durch die Oeffnungen im Ofenkopf, die für das Gas benutzt werden, eingeführt, nachdem die Gasbrenner vorher auseinandergenommen worden sind.

Jeder Ofen hat einen Eisenbetonschornstein von 2.7 m Durchmesser und 60 m Höhe, der die mit dem Ofen durch einen stählernen, mit Ziegeln ausgekleideten Kanal verbunden ist. Die Schornsteine sind mit Schieberklappen zur Zugkontrolle ausgerüstet. Gegenwärtig wird alle Kraft bezogen, doch sind Vorrichtungen getroffen, um Abhitzekessel einzubauen. Wenn diese benötigt werden sollten, so können die gleichen Essen benutzt werden, indem die Stahlkanäle entfernt und andere Verbindungen hergestellt werden.

Jeder Ofen hat eine Kühltrommel von 3 m Durchmesser und 30 m Länge, die durch einen 50 PS starken Motor, der mit 900 Touren in der Minute läuft, getrieben wird. Die Kühler entleeren direkt in eine Klinkergrube im Hauptlager, welche die Klinkerproduktion von 12 Stunden aufzunehmen vermag. Der Klinker wird aus der Grube entweder zu den Mühlenbehältern oder sonstwo nach dem Lager durch Kran und Greifer geschafft.

Lager-und Packgebäude.

Das Lager besteht aus 14 grossen Silos, zwei kleinen Silos und einem mittelgrossen Behälter. Die grossen Behälter haben 7.2 m, die kleinen 4.5 m inneren Durchmesser. Der mittlere Behälter misst etwa 4.5 × 40.5 m. Die Kapazität des Lagers beträgt insgesamt 150000 Fass. Die Anordnung der Behälter zeigt Abb. 2 (siehe Seite 543). Drei Tunnel laufen durch die Silos und die Behälter haben nach Meade selbsttätig entleerende Böden. Schneckentransporteure, je eine in jedem Tunnel, werden benutzt, um den Zement von den Silos nach Elevatoren zu fördern, die ihn nach den Behältern über den Packmaschinen schaffen. Es sind zwei solcher Elevatoren vorhanden, von denen der eine als Reserve dient. Das Packgebäude und die Silos werden in Abb. 11 (siehe Seite 551) gezeigt.

Das Packgebäude ist mit vier Bates-Packern mit vier Füllöchern ausgerüstet, und es sind Vorkehrungen getroffen, um sowohl in Lastkraftwagen wie in Eisenbahnwaggons zu verladen. Ein Beladungs-Förderband schafft die gefüllten Säcke von den Packmaschinen nach den Eisenbahnwaggons. Zurückkommende Säcke werden auf einer besonderen Rampe und einem besonderen Bahngleis empfangen (Abb. 2, siehe Seite 543). Sie werden durch einen Plattformelevator,—von der Otis Elevator Company geliefert—, auf den dritten Stock des Packgebäudes gehoben, wo die Bündel geöffnet werden und die Säcke den Reinigungsapparaten zugeführt werden. Die Sackreinigungsapparate arbeiten kontinuierlich, indem die Säcke an dem einen Ende aufgegeben werden und an dem anderen Ende herausfallen. Die Maschine ist ein einfach geneigtes Sieb von schwerem Stoffgewebe, das die Säcke passieren. Das Sieb ist mit Kippvorrichtungen versehen, die die Säcke aufnehmen und herauswerfen. Ein Luftstrom, der sich in einen Staubsammler ergiesst, entfernt den Staub und schafft saubere Säcke. Die Letzteren fallen auf ein langsam sich bewegendes Band und werden von Hand sortiert. Ein System von Schneckentransporteuren fördert den Staub von den Reinigungsmaschinen, von den Staubsammlern und den Abfall bei den Packmaschinen usw. Das Rad, das die Säcke reinigt, ist von der Monarch Bag Company hergestellt und das System der Staubsammler stammt von der Northern Blower Company.

Elektrische Ausrüstung.

Die Kraft wird mit 13200 Volt (Dreiphasenstrom, 60 Stromkreise) erhalten und zunächst aus 2300 Volt durch drei 3750 Kilowatt-Ampère Aussentransformatoren transformiert, mit welcher Spannung sie an die einzelnen Abteilungen der Fabrik verteilt wird. Alle grossen, über 100 PS starken Motore haben 2200 Volt; die kleinen 440 Volt Spannung. Gruppen von drei Transformatoren an verschiedenen Stellen in dem ganzen Werk reduzieren die Spannung für die kleinen Motore. Alle Motore mit verstellbarer Geschwindigkeit sind Gleichstrommotore. Für die Zwecke der Beleuchtung sind drei 37.5 Kilowatt-Transformatoren mit Sammelbatterie und automatischer Umschaltung vorhanden. Zwei Stromerzeugungsapparate sind da zum Zwecke der Lieferung von Gleichstrom für Magnetisierung oder für die Ofenmotore usw. In der Fabrik befinden sich 75-80 Motore von zusammen

6600 PS. Gegenwärtig werden per Fass Zement 18 Kilowattstunden verbraucht.

Die Schaltanlage befindet sich hinter dem Mühlenraum (Abb. 12, siehe Seite 553). Sie ist 14.7 m lang mit Tafeln für die verschiedenen Abteilungen. Die Synchronmotore werden von der Schalttafel aus angelassen. Die Oelschalter, Schaltapparate, Anlasstransformatoren und Transformatoren liegen im Kellergeschoss.

Um Spitzenbelastungen auf ein Minimum zu reduzieren, ist die Schalttafel mit einem Edmoore'schen Bedarfs-Beschränker ausgestattet, und zwar ist dieser so angeordnet, dass bei, bis zu einem gewissen Punkt, steigendem Bedarf zunächst die Kompressoren einzeln entladen werden. Wenn hierdurch die Belastung nicht unter die gewünschte Höhe reduziert wird, werden nacheinander einzeln die der einen und endlich der anderen Rohmühle entladen.

Praktisch verwenden heute fast alle amerikanischen Fabriken Synchronmotore, um Rohmühlen zu treiben. Der Synchronmotor-Typ der General Electric Company, der hier benutzt wird, hat einen Stator, der beim Anlassen rotiert und wird synchronisiert bei feststehendem Lauf. Der Stator ist mit Bandbremse ausgerüstet. Bei Anwendung dieser Bremse auf den Statorrahmen steht die ganze Ausziehdrehkraft zur Verfügung, um Rotor und Mühle auf Touren zu bringen, während der Stator sich bis zur Ruhe verlangsamt. Diese Motoren werden von der Hauptschalttafel angelassen, die sich in dem Mühlenraum gleich hinter den Motoren befindet. Die „Compeb"-Mühlen und Synchronmotore zeigt. Abb. 6 (siehe Seite 546). Ein 5 t starker, von Hand bedienter Gehäusekran ist über den Motoren, wie Abb. 12 (siehe Seite 553) zeigt, angeordnet.

Die Oefen, Mühlen und die Mahlmaschinerie wurden von der Allis-Chalmers Manufacturing Co., Milwaukee (Wisconsin) und fast alle elektrischen Ausrüstungen von der General Electric Company geliefert.

Die leitenden Beamten der Gesellschaft sind: J. H. Smith (President), Wm. M. Thornton (Vizepresident und Generaldirektor), B. R. Collins (Sekretär), L. O. Cox (Verkaufsdirektor), A. F. Sayers (Betriebsdirektor), und G. P. Horn (Chemiker).

ANMERKUNG DER SCHRIFTLEITUNG.

Der Herausgeber der internationalen Zeitschrift „Cement and Cement Manufacture" fordert die Leser dieser Zeitschrift auf, ihm Artikel zur Veröffentlichung zur Verfügung zu stellen. Das Manuskript kann in englischer französischer, deutscher oder spanischer Sprache eingereicht werden und wird in die drei anderen Sprachen durch Fachleute übersetzt.

Es werden Abhandlungen erbeten über alle neuen Gedanken oder Entwicklungen in der Herstellung, Chemie oder Prüfung von Zement oder über verwandte Themata, die für die Zementindustrie von allgemeinem Interesse sind. Beschreibungen und Ansichten neuer, in allen Teilen der Welt errichteter Zementfabriken sind ebenfalls willkommen.

Die Hersteller von Zementmaschinen sind ebenfalls aufgefordert, Mitteilungen und Ansichten zur Verfügung zu stellen, welche sich auf neue von ihnen erbaute Werke und Neueinrichtungen ihrer Fabriken beziehen. Derartige Beiträge sind eingeschrieben zu senden an den Herausgeber von „Cement and Cement Manufacture," Dartmouth Street 20, Westminster, London, S.W.1 (England).

Abhitzekessel.

von A. C. DAVIS.

(Betriebsdirektor der Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.)

Der Abhitzekessel, wie er in Zementfabriken zur Verwendung gelangt, ist besonders wegen der dort allgemeinen Anwendung des Trockenverfahrens mit seinem grossen Ueberschuss an Wärme in den Ofengasen in den Vereinigten Staaten von Amerika ausgebildet worden. Es bestehen aber auch Anlagen in Werken, die auf dem Kontinent nach dem Trockenverfahren arbeiten.

Die erste, bekannt gewordenen Anlage wurde 1902 auf dem Werk der Cayuga Lake Cement Co. errichtet, jedoch waren diese und verschiedene andere der ersten Anlagen wegen der durch Staub verursachten Schwierigkeiten und wegen des Fehlens von Ventilatoren zur Erzeugung des notwendigen Zugs kein Erfolg. Drei gelungene Anlagen scheinen 1915 bestanden zu haben, und 1921 fing man in den Vereinigten Staaten von Amerika an, Abhitzekessel als einen normalen Bestandteil der Ausrüstung von Zementfabriken, die nach dem Trockenverfahren arbeiten, zu betrachten.

Die Abgase eines nach dem Trockenverfahren betriebenen Ofens entweichen selten, wenn überhaupt, mit einer niedrigeren Temperatur als 650° C. und unter solchen Umständen ist die Abwärme,—oder war es jedenfalls bis vor wenigen Jahren—, in vielen Fallen ausreichend, um sämtliche zur Fabrikation benötigte Kraft zu liefern. Dies hängt ab von den Rohmaterialien, sofern sie nicht ungewöhnlich hart sind, und sofern sie nur einen geringen Feuchtigkeitsgehalt besitzen, so, dass die zum Trocknen erforderliche Wärmemenge gering ist. In gewissen Fällen kann diese Trocknung durch die Abgase, nachdem diese die Kessel passiert haben, erfolgen. Unter neuzeitlichen Verhältnissen ist dieses nicht in dem Masse der Fall, erstens wegen der Verwendung längerer Oefen, für die niedrigerer Kohlenverbrauch resultiert und dann wegen der Entwicklung zur feineren Mahlung, die einen erheblich grösseren Kraftverbrauch erforderlich macht.

Es gibt in den Vereinigten Staaten von Amerika mehrere, verhältnismässig moderne, nach dem Nassverfahren arbeitende Werke, auf denen Abhitzekessel in Verbindung mit leistungsfähigen Turbo-Generatoren und durchgehend elektrischen Antrieben den gesamten erforderlichen Dampf liefern sollen; es ist jedoch äusserst zweifelhaft, ob dieses Ziel ohne Verbrennung von mehr Kohle im Ofen, als zur Klinkerherstellung bei neuzeitlichem Betrieb benötigt wird, erziebar ist.

Alle Anlagen zur Verwertung der Abwärme verlangen besondere Sorgfalt hinsichtlich des Entwurfs und des Betriebes der Fabriken, da die Dampferzeugung völlig von der Arbeit des Ofens abhängig ist. Es ist notwendig die Anlage so anzuordnen, dass ihre Beanspruchung gleichmässig ist und dass Stillegen der Oefen, was natürlich selten vorkommen soll, nicht die Aufrechterhaltung der vollen Leistung in anderen Abteilungen hindert.

Es ist im allgemeinen wünschenswert, einen mit Kohle zu befeuernden Kessel unter Dampf zu halten, um die Beanspruchungen auszugleichen und um während Stillegungen die wesentlichen Betriebsphasen weiter zu betreiben.

Es hat sehr viel Diskussionen über den relativen Wert des Einaggregat-Systems (ein Ofen, ein Kessel) und des einen Verbindungskanal einschliessenden Systems, das als Sammler für sämtliche Gase und als Verteiler auf die Kessel dient, gegeben. Die letztere Ausführung bietet zweifellos eine grössere Beweglichkeit, doch ist der Verlust weiterer Wärme unvermeidlich,

und in vielen Fällen sind die Ausgaben für die Füchse sowie die notwendigen Verbindungsstücke und Rauchklappen offenbar grösser als für die Kessel selbst. Derartige Füchse verlangen sorgfältige Anlage, um einen angemessenen Durchgang für die heissen Gase zu liefern, und um gleichzeitig den Wärmeverlust durch die Wände minimal zu gestalten. In den meisten Fabriken bestehen äussere Stahlgehäuse mit einer Lage isolierender Ziegel zwischen diesen und der feuerfesten Auskleidung.

In einem 1921 besuchten Werk betrug der Temperaturverlust zwischen den Oefen und den Kesseln nur 11° C. Bei dieser Anlage war der allen Oefen gemeinsame, verbindende Kanal besonders gearbeitet und der Wärmeverlust war offenbar bemerkenswert klein,—ein Ergebnis, das nur durch sorgfältigsten Entwurf und Bau erreichbar gewesen war.

Wo das Einheitssystem gewählt ist, ist es wünschenswert, einen Nebenkanal zu besitzen, um den Ofen für den Fall einer Stillegung des Kessels weiter in Betrieb halten zu können. Das Versäumnis, einen solchen Nebenkanal anzulegen, hat in einigen Fällen beträchtliche Schwierigkeiten verursacht; wo indessen ein solcher vorgesehen ist, hat das Einheitssystem wegen seiner Einfacheit und folglich niedrigen Anlagekosten wie auch wegen seiner gröseren Leistung infolge des geringeren Wärmeverlustes in den Verbindungskanälen viel für sich, um es zu empfehlen.

Im Anfang des Aufkommens der Abhitzekessel hat offenbar eine Tendenz zum Verbrennen von mehr Kohle in dem Ofen bestanden, um die Dampferzeugung zu steigern. Eine Zeitlang war es auf einigen Werken sogar üblich, die Luftzufuhr zu den Oefen so einzustellen dass die Abgase 5 Prozent Kohlenoxyd enthielten. Bei, nach dem Trockenverfahren arbeitenden Oefen war die Temperatur am rückwärtigen Ende hoch genug, um die Verbrennung von Kohlenoxyd zu bewirken, wenn man weitere Luft zwischen dem Ofen und dem Kessel eintreten liess, wodurch so die Temperatur der Gase an dieser Stelle noch weiter gesteigert wurde. In einigen Fällen war diese Methode wahrscheinlich durch die Tatsache, dass altmodische Kraftanlagen noch verwendet wurden, erforderlich; sie wurde in dem Masse entbehrlich, wie die Kraftanlage durch neuzeitliche Turbinen mit geringerem Dampfverbrauch ersetzt wurde.

Der Verbrauch von mehr Kohle zu dem Zwecke einer grösseren Erzeugung von Dampf ist natürlich im Hinblick auf den nur zum Brennen erforderlichen Kohlenbedarf irreführend, es braucht aber deswegen nicht notwendigerweise daraus zu folgen, dass diese Methode wirklich eine verschwenderische ist. Wenn die dem Ofen zugeführte Kohlenmenge vermindert wird, so müsste der solchermassen verloren gehende Dampf durch getrennt befeuerte Kessel erzeugt werden. Man ist sich jetzt darüber klar, dass im Drehofen die Kohlenverbrennung unter den best möglichen Bedingungen vor sich geht, indem der Brennmeister in die Lage versetzt wird, Kohlenoxyd zu erzeugen durch Verwendung eines minimalen Ueberschusses an Luft. Ein Kessel verhält sich in dieser Beziehung nicht so günstig. Die Kombination von Drehofen und Abhitzekessel kann daher, als ideale Verbrennungsbedingungen vorsehend, angesehen werden, wenn die Kessel sich vollständig getrennt von der Feuerungsanlage befinden und daher einem Minimum an Verschleiss ausgesetzt sind. Jeder Fall muss nach seinen Vorzügen betrachtet werden, und wenn der gesamte Brennstoffverbrauch sowohl zum Brennen wie für Kraftzwecke berücksichtigt wird, so können Fälle vorkommen, wo die Kombination selbst dann reizvoll erscheint, wenn im Ofen mehr Kohle verbrannt wird, als für die eigentliche Klinkererzeugung notwendig ist.

Die Staubfrage macht besondere Ueberlegungen notwendig, und es besteht der Brauch, Dampfstrahlrohre anzubringen, um wenigstens einmal täglich den Staub von der Heizfläche zu entfernen. In einigen Fällen waren ursprünglich feste Rohre vorgesehen, doch stiessen sie an bestimmte Stellen an, wodurch lokale Abrasion verursacht wurde. Transportierbare Stangen sind befriedigender und, wenn passende Oeffnungen für ihren Gebrauch vorgesehen sind, und die Stangen geschickt gehandhabt werden, so braucht wegen des Staubs keine Schwierigkeit vorausgesehen zu werden.

In England ist der Abhitzekessel wegen vielfacher Gründe nicht in allgemeine Aufnahme gekommen. Der wesentlichste dieser Gründe besteht zweifellos in der fast allgemeinen Anwendung des nassen Fabrikationsverfahrens, das seinerseits durch die weiche und feuchte Natur der allgemein verwendeten Rohmaterialien bestimmt wird. In einigen älteren Werken würde die Lage der Fabrik die Anwendung des Systems schwer gemacht haben, und die vollen Vorteile konnten, ohne gleichzeitig elektrische Generatoren mit Motorenantrieb aufzustellen, nicht erzielt werden. Solch eine Anlage schliesst seine sehr grosse fühlbare Kapitalsausgabe in sich, ohne dass möglicherweise ein angemessener Nutzen entsteht.

Bei der Temperatur, mit welcher die Gase selbst Oefen, welche nach dem Nassverfahren arbeiten, vor wenigen Jahren noch varlassen durften, waren die Abhitzekessel bei passenden Bedingungen ein sehr reizvoller Vorschlag, doch sind andere Faktoren entstanden. Während beim Trockenverfahren nach der Dissoziation des Kalziumkarbonats von der Wärme der Gase keine andere Verwendung gemacht werden kann, besteht beim Nassverfahren theoretisch nicht eher eine Grenze für die Brennstoffersparnis als bis die Gase auf die Temperatur siedenden Wassers reduziert sind. Die nützliche Anwendung dieser niedriggradigen Wärme bietet Schwierigkeiten, doch sind in den letzten Jahren grosse Fortschritte gemacht worden, und es ist in vielen Fällen jetzt möglich die Temperatur der Ofengase zu niedrigen Graden zu mindern, wie dieses wirtschaftlich in einem Abhitzekessel gesichert ist.

Bei der Betrachtung der relativen Kosten und den Vorteilen beider Methoden, die Wärme zu nutzen, ergeben sich viele Faktoren. Die Entscheidung kann jedoch durch, ausserhalb des technischen Gebietes liegende Gründe beeinflusst werden und zwar durch solche beträchtlicher finanzieller Bedeutung, nämlich durch den Bezug der Kraft von ausserhalb. Nur wenige Jahre vorher war es unmöglich, Kraft käuflich zu erwerben, die sich mit den tatsächlichen Kosten der Erzeugung auf den Werken vergleichen liess und zwar selbst bei Fabriken von mittlerer Leistung; mit dem Auftauchen der Kraftzentralen und der Kraftübertragung auf weite Entfernungen ist indessen der Preis für die Kraft, wie sie an die Werke geliefert wird, und die Sicherheit des Bezugs derart, dass die Fabrikanten die grosse Kapitalsausgabe vermeiden können, welche sich mit Kraftanlagen und den Schwierigkeiten, sie zu betreiben, verknüpfen.

Kessel zur Wiedergewinnung von Abhitze können den Typ des Wasserrohrs oder des Gasrohrs besitzen. Der erstere wurde in den Vereinigten Staaten besonders durch die Edge Moor Co. und auch durch die Babcock & Wilcox Gesellschaft ausgebildet. Einen Schnitt durch einen Wasserrohrkessel zeigt Abb. 1 (Seite 555), aus welchem ersehen werden kann, dass die Kesselrohre gedrosselt sind, um den Gasen vier Durchlässe zu ermöglichen womit eine grosse Geschwindigkeit beim Passieren der Rohre gewährleistet wird.

Abb. 2 (Seite 556) gibt eine typische Illustration dieser Art von Kessel beim Nassverfahren; sie betrifft eine bei der Dewey Portland Cement Co. in Davenport (Iowa) belegene Anlage. Zwei Oefen von $3{,}35 \times 53{,}33$ m mit

einer Kapazität von je 250 t täglich wurden 1926 und eine dritter 1929 aufgestellt. Jeder dieser Oefen ist mit einem 900 PS starken Vierdurchlass-Kessel von Edge Moor mit Ekonomisern, Ueberhitzern und Ventilatoren ausgerüstet. Es wird berichtet, dass die Anlage alle für Fabrikationszwecke benötigken Kraftmengen, einschliesslich der elektrischen Dampfschaufeln und der Steinbrecher liefert. Abbildung 2 zeigt die beiden ersten Kessel; die Staubkammern kann man zwischen Ofen und Kessel sehen. In diesem Falle ist der Ekonomiser unter dem vierten Durchlass angeordnet. Auf der rechten Seite kann der für den inzwischen eingebauten dritten Kessel vorgesehene Raum gesehen werden.

Auf den Werken der Marquette Co. in Oglesby befinden sich acht 1,000 PS starke Edge Moor Kessel mit Ekonomisern, Ueberhitzern und Ventilatoren, die Dampf aus den Ofenabgasen erzeugen; die Fabriken erzeugen täglich 1,300 t Zement, und eine weiteres Werk, das zwei $3{,}35 \times 61$ m grosse Oefen mit einer Tagesleistung von 800 t besitzt, kommt noch dazu. Die beiden letzten Oefen wurden mit drei 1,500 PS starken Edge Moor Kesseln mit Ekonomisern, von denen je zwei ausreichend sind, um die Abgase voll zu verwerten, ausgerüstet. Die elf Abhitzekessel auf diesen beiden mit einander verbundenen Werken sind die einzige Dampfquelle, wie berichtet wird, für eine Kraftanlage, die alle erforderliche Kraft für die Steinbrüche und anderen Abteilungen wie für die eigentliche Fabrikation liefert. Abb. 3 (Seite 557) zeigt die Anordnung dieser Kessel mit offenen Klappen, zu denen die Rohrklappen Zugang haben und Abb. 4 (Seite 558) zeigt die Ekonomiser und Ventilatoren.

Bei kleinen Anlagen besitzt der Gasrohrkessel einige Vorteile vor dem Wasserrohrkesseltyp, deren hauptsächlichster der wesentlich niedrigere Preis infolge der einfachen Bettung und des Fehlens eines Lufteintritts in die Kesseloberfläche ist. Schwierigkeiten entstehen indessen bei grossen Aggregaten wegen der erforderlichen Mantelstärke. Abb 5 (Seite 559) gibt einen Schnitt eines 1923, auf einem der Werke der Associated Portland Cement Manufacturers Ltd. installierten Gasrohrkessels wieder, der sich in Verbindung mit einem kleinen Ofen von stündlich $3\frac{1}{2}$-4 t Leistung bei Verarbeitung eines 42 Prozent Feuchtigkeit enthaltenden Schlamms befindet. Die Einfachheit der Anordnung ist bemerkenswert; und dieses verhältnismässig kleine Aggregat erwies sich als zufriedenstellend und wirtschaftlich arbeitend. Beim Beginn wurde die Feuchtigkeit aus den Gasen in den Rohren, welche den Staub sammelten und Kuchen bildeten, kondensiert; doch wurde diese Schwierigkeit behoben, indem man das Wasser im Kessel auf eine etwas über dem Siedepunkt liegende Temperatur mittels Dampf von anderen Kesseln brachte, bevor die Abgase die Rohre passierten. Nach dieser Vorsichtsmassnahme wurden keine weiteren Schwierigkeiten mit Staub, der aus den Rohren periodisch durch Dampfstrahlrohre, die von einem Gelenkrohr getragen wurden, enfernt wurden, wie es Abb. 5 (Seite 559) zeigt, durchgemacht.

Eine ausgedehnte Versuchsreihe wurde in dieser Anlage durchgeführt und während eines elf Wochen umfassenden Zeitraums wurden bei einer Durchschnittstemperatur von 404° C. am Eintritt in den Ueberhitzer per Tonne Klinker durchschnittlich 447 kg Dampf mit einem Druck von 9,14 kg/qcm und einer Temperatur von 251° C. verdampft.

Die, die Wärmeübertragung in solchen Gasrohren regierenden Gesetze wurden sehr eingehend durch Lowford H. Fry untersucht, und das Ergebnis der Untersuchung ist in einem Vortrag vor der American Society of Mechanical Engineers im Dezember 1917 behandelt. Die an dem Kessel ausgeführten Versuche bestätigten in vollstem Umfange das Fry'sche Gesetz.

Der Drehofen bei der Zementherstellung.—III.*

Von W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

BESCHREIBUNG EINER DREHOFEN-PRÜFUNG.

Es ist jetzt beabsichtigt, im Einzelnen, eine sechs Tage dauernde Prüfung eines typischen, nach dem Nassverfahren arbeitenden Drehofens zu beschreiben. Einen Grundriss des Werkes zeigt Abb. 17 (Seite 562). Das Kohlenlager ist ein offener Schuppen mit Betonboden. Die Kohle wird in Eisenbahnwaggons angeliefert, die Bahngleise liegen etwa 3 m höher als der Boden des Kohlenlagers. Bei gewöhnlichem Betrieb wird die Kohle nicht abgewogen; sie wird in Schubkarren den Walzenbrechern von 23 × 60 zugefahren. Ein Vorschalt-Mechanismus ist nicht vorhanden.

Die Walzen stehen etwa 32 mm weit auseinander und dienen dazu, die grösseren Brocken zu zerkleinern. Die Kohle wird emporgehoben und ohne zwischengeschalteten Behälter oder Zufuhrapparat direkt dem Trockner aufgegeben. Die Kohlen-Trockentrommel misst 1.5 m im Durchmesser und ist 15 m lang. Sie wird durch eine besondere Feuerung geheizt.

Aus der Trockentrommel wird die Kohle auf einen Behälter von 1 t Fassungsvermögen, der sich über der Kugelmühle befindet, gehoben. Jede Rohrmühle besitzt einen kleinen Behälter von nur 115 kg Fassungsvermögen, und es sind Vorrichtungen getroffen, die Leistung der Kugelmühle an eine oder die andere der beiden Rohrmühlen weiter zu geben.

Nach dem Verlassen der Rohrmühlen wird die gemahlene Kohle auf einen Behälter für Staubkohle, der einen Durchmesser von 3.8 m besitzt, und 20 t fasst, empor gehoben.

Die Kohle wird aus dem Behälter durch einen Vorschubmechanismus abgezogen, der dem in Abb. 4 gezeigten ähnlich ist. Der Schneckendurchmesser beträgt 12 cm Durchmesser bei 5 cm Abstand und die Umdrehungsgeschwindigkeit schwankt von 100 bis 150 Touren in der Minute.

Drehofen.—Der Ofen besitzt einen Durchmesser von 2.59 m und ist 61.57 m lang; die Sinterzone ist bei 3.05 m Durchmesser 12.19 m lang. Die feuerfeste Auskleidung in der Sinterzone ist 20 cm stark, worauf 16.5 m von 15 cm Stärke und 28 von 11.5 cm Stärke folgen. Das lichte Innenvolumen beträgt 264 cbm.

Der Ofen besitzt zwei, durch zwei Sätze von Los-und Festscheiben regulierbare Geschwindigkeiten; die beschleunigte entwickelt 0.95, die langsame 0.76 Touren in der Minute. Die Neigung des Ofens beträgt 1 zu 25.

Es sind keine Schlammverteiler vorhanden, doch sind 150 gusseiserne Konsolleisten in den letzten 29 m des Ofens vorgesehen. Diese Konsolleisten sind 7.5 cm breit und ragen 30 cm aus der Oberfläche des feuerfesten Futters hervor. Die gesamte Oberfläche beträgt nur 7 qm.

Kühltrommel.—Innerhalb der Mantelplatten hat der Kühler im allgemeinen 1.7 m Durchmesser und ist insgesamt 20 5 m lang. Es ist ein 2.45 m langes, erweitertes Ende von 2.15 m Durchmesser vorgesehen. Die Neigung der Kühltrommel beträgt 1 zu 16.7, die Tourenzahl 3.16 in der Minute. Die innere Ausstattung der Kühltrommel wird nachher erläutert werden, wenn die Strahlung des Kühlermantels behandelt wird. Infolge der Beschaffenheit des Untergrundes ist die Kühltrommel im rechten Winkel zum Ofen angelegt.

* Für Abb. 1-7, siehe Januar-Heft. Für Abb. 8-16, siehe März-Heft.

OFEN - PRÜFTABELLE.

Lichter Ofendurchmesser 2,59 m, *Lange* 61,57 m. *Sinterzone :* innerer Durchmesser 3,05 m, Lange 12,19 m. *System :* Schornsteinzug.

Datum.	OFEN			SCHLAMM			ROHKOHLE			STAUBKOHLE			KLINKER	ABGASE			TEMPERATUR		
	Zur verfügung stehende Zeit in Minuten	Tatsächliche Zeit in Minuten	Mittlere Tourenzahl des Ofens Umdrehungen in der Minute	Wassergehalt in Prozent	Gehalt an $CaCO_3$, frei von organischer Substanz	Rückstand auf dem 4900 Maschen/qcm Siebe	Angewogene dem Trockner aufgegebene Menge in t	Feuchtigkeitsgehalt in Prozent beim Eintritt in den Trockner	Feuchtigkeitsgehalt in Prozent beim Austritt aus dem Trockner	Rückstand auf dem 4900 Maschen/qcm Siebe	Rückstand auf dem 156 Maschen qcm Siebe	Heizwert in Kal/kg (trocken)	t per Stunde, trocken berechnet.	CO_2.	O_2.	CO.	Klinker beim Verlassen des Kühlers in °C	Ofenabgase in °C	Am Fuss des Schornsteins in °C
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
14. Juli, 12 Uhr mittags bis 15. Juli, 12 Uhr mittags –	1440	1308	0,91	44,3	77,1	7,0	52,70	1,90	1,10	10,0	0,31	7433	7,15	17,9	7,0	—	151	499	318
15. Juli, 12 Uhr mittags bis 16. Juli, 12 Uhr mittags –	1440	1360	0,93	45,0	77,1	7,3	56,00	1,92	1,19	12,3	0,50	7580	7,05	21,1	4,5	—	144	492	314
16. Juli, 12 Uhr mittags bis 17. Juli, 12 Uhr mittags –	1440	1354	0,91	45,0	76,7	6,7	49,00	1,87	1,11	8,6	0,24	7707	7,04	21,4	4,3	—	151	469	317
17. Juli, 12 Uhr mittags bis 18. Juli 12 Uhr mittags –	1440	1319	0,91	44,7	76,6	6,3	46,50	1,80	0,98	8,6	0,21	7401	6,96	22,8	3,2	—	147	479	306
18. Juli, 12 Uhr mittags bis 19. Juli, 12 Uhr mittags –	1440	1330	0,90	44,7	76,5	6,4	45,00	1,82	1,08	7,4	0,47	7489	6,75	19,8	5,5	—	144	449	306
19. Juli, 12 Uhr mittags bis 20. Juli, 12 Uhr mittags –	1440	1325	0,91	44,2	76,5	6,5	33,60	1,73	0,88	7,2	0,46	7317	6,90	23,3	2,8	—	151	452	302
Mittel :	—	133,3 in Std.	0,91	44,6	76,7	6,7	282,80	1,85	1,06	9,02	0,36	7507	6,97	21,1	4,5	—	148	473	311

Klinkerschütte.—Die Abb. 18 und 19 (Seite 564) zeigen die Verbindung zwischen Kühltrommel und Ofen. Es ist eine Oeffnung zwischen dem Kühlerende und der Stirnseite der Mauer vorhanden, durch die eine gewisse Menge kalter Luft in den Ofen eintritt, und 3 bis 4% des heissen Klinkers werden an dieser Stelle verschüttet. Ursprünglich war eine gusseiserne Klinkerschütte vorhanden, doch wurde diese entfernt und durch die in den Abb. 18 und 19 gezeigte Anordnung ersetzt. Der Minimalquerschnitt der Klinkerschütte beträgt 0.84 qm.

Schlamm-Zufuhr.—Eine Rotier-Zufuhrvorrichtung ist vorgesehen, die der in Abb. 3 gezeigten ähnelt. Die verlängerte Welle der Zufuhrvorrichtung ragt über das Ende des Ofens hinaus und wird durch einen Treibriemen vom Ofen her getrieben. Der Brennmeister des Ofens verstärkt zeitweise die Zufuhr, indem er einen Holzpflock in das Ueberlaufrohr steckt.

Kohlenfeuerungsdüse.—Diese besteht aus einem offenen Rohr von 15 cm lichter Weite, das 40 cm weit in den Ofen hineinragt.

Erforderlicher Kraftantrieb.—Es benötigen durchschnittlich: der Ofen 33, die Kühltrommel 8 und das Kohlenstaubgebläse 4 PS.

Ofenfüchse und Schornstein.—Nach dem Verlassen des Ofens passieren die Abgase eine Staubkammer von 130 cbm Grösse, die in 24 Stunden etwa 0.45 t auffängt. Der Schornstein ist angenähert 90 m hoch.

Ofen-Prüftabelle.—Mit Bezug auf die Ofen-Prüftabelle ersieht man, dass die Dauer der Prüfung nur 6 Tage umfasste; die Werte sind auf 12 Uhr mittags an jedem Tage eingestellt.

Die Kohle wurde, vom Lager kommend, karrenweise auf einer Plattenwaage in Mengen zu 125 kg gewogen und dann in den Kohlenwalzenbrecher gekippt.

Vor Beginn der Prüfung liess man die Kohlen-Trockentrommel eine Stunde lang, ohne Material zuzuführen, laufen; der Behälter über der Kugelmühle wurde ausgekratzt, und die Kugelmühle sowie die Rohrmühlen wurden bei voller Zufuhr sofort angehalten, wenn der Behälter leer war. Das obere Niveau der Kohle in dem grossen Staubkohlenbehälter wurde geebnet und die Tiefe von der Oberfläche bei Beginn der Prüfung um 12 Uhr mittags gemessen. Beim Abschluss der Prüfung wurden alle Verhältnisse erneut beobachtet so, dass die einzige zu machende Korrektur hinsichtlich der Menge abgewogener Kohle in der Differenz des Niveaus im Staubkohlenbehälter bei Beginn und Ende der Prüfung bestand.

Um auf die Prüftabelle zurückzukommen, wurde die in Spalte 2 angegebene Zeit, während welcher der Ofen tatsächlich gelaufen war, in erster Linie durch den Brennmeister erhalten. Der Brennmeister jeder 8-stündigen Schicht zeichnet die Zeit auf, während welcher der Ofen angehalten worden ist, und notiert auch den Grund für das Anhalten. Ein Geschwindigkeits-Registrierapparat wurde von einer der Wellen des Ofengetriebes bedient, und so wird durch die Aufzeichnung des Anhaltens des Ofens eine Kontrolle der Zeit erlangt, während welcher der Ofen läuft.

Eine Musteraufzeichnung zeigt Abb. 20 (Seite 565). Sie lässt deutlich erkennen, wann der Ofen mit voller, wann mit langsamer Geschwindigkeit gelaufen war, und sie zeigt deutlich die Dauer des Anhaltens. Es wird bemerkt werden, dass nach jedem Anhalten der Ofen mit langsamer Geschwindigkeit aber bei voller Kohlenzufuhr eine kurze Zeit lief, damit die Temperatur wieder ansteigen konnte. Das auf der Karte, durch B markierte, alle drei Stunden erfolgende Anhalten des Ofens wurde vorgenommen, um die tatsächliche Leistung der Kohlenzuführungsschnecken per 100 Umdrehungen zu bestimmen. Zu diesem Zwecke war eine Nebenleitungsvorrichtung mit

einem Abzweigeventil vorgesehen so, dass die Kohle beim Verlassen der Zufuhrschnecken eine Minute lang in einen Behälter abgegeben und gewogen werden konnte. Die Zahl der Schneckenumdrehungen wurden während der Prüfung durch eine Zähluhr gezählt.

Auf diese Weise wurde ein Wert für das durchschnittliche Gewicht der Staubkohle, die mit 100 Umdrehungen der Zufuhrschnecken zugeführt wurde, erhalten. Durch Multiplikation dieses Wertes mit der Gesamtzahl der Umdrehungen sollte sich das Gewicht der in den Ofen eintretenden Kohle ergeben. Bei geeigneter Korrektur bestand nahe Uebereinstimmung bei dieser besonderen Prüfung zwischen dem so geschätzten Gewicht der Kohle und dem Gewicht der verbrauchten Rohkohle, wie es durch Abwiegen ermittelt war. Solche nahe Uebereinstimmung ergab sich jedoch nicht immer.

Die Zeiten, während welcher der Ofen mit langsamer Geschwindigkeit lief, unabhängig von denen, die durch die Kohlen-Nebenleitungsvorrichtung bedingt waren, sind auf der Karte mit H markiert. Sie sind verhältnismässig klein an Zahl und würden wahrscheinlich noch kleiner sein, wenn nicht Störungen im Betrieb des Ofens durch die Kohlen-Ableitungsvorrichtung verursacht worden wären.

Die allgemeinen, aus der Karte gezogenen Folgerungen bestehen darin, dass die Ofengeschwindigkeiten auf die Schlammzufuhr richtig eingestellt waren, und dass Kohlen-wie Schlammzufuhr beide regelmässig arbeiteten.

In einigen Werken zeigte eine ähnliche Aufzeichnung, dass die Ofengeschwindigkeit in der Stunde zwei-oder dreimal wechselte, woraus hervorgeht, dass im Betrieb eine Unregelmässigkeit herrscht, der nachzugehen war.

Spalte 3.—Eine die Umdrehungen messende Zähluhr wurde durch eine Welle des Ofengetriebes getrieben; das Verhältnis der Tourenzahl der Welle zu der des Ofens war bekannt. Die Uhr wurde täglich um 12 Uhr mittags abgelesen, und aus der Gesamtzahl der Ofenumdrehungen innerhalb von 24 Stunden und der tatsächlichen Zeit, während welcher der Ofen lief, wurde die mittlere Tourenzahl des Ofens in der Minute ermittelt.

Die Angaben über den Schlamm, wie sie in den Spalten 4, 5 und 6 aufgezeichnet sind, wurden von dem Chemikerpersonal auf den Werken nach deren Erfahrungen, die ständig weiter gehen, gleichgültig, ob ein Ofen geprüft oder nicht geprüft wird, erhalten. Das Verfahren, die in den Spalten 7 bis 12 angegebenen Werte zu erhalten, ist bereits beschrieben worden.

Spalte 13.—Der die Kühltrommel verlassende Klinker fällt in eine Rotier-Waage, von dem in Abb. 8 beschriebenen Typ. Die Leistung jedes Sektors wurde mehrmals täglich auf einer Plattenwaage kontrolliert und ergab sich als von 29.5 bis 30.5 kg schwankend. Nach dem Verlassen der Rotier-Waage wurde der Klinker mittels Elevator hochgehoben, und es stellte sich als bequem heraus, ihn in Wagen von 60 cm Normalmass zu transportieren. Er wurde dann erneut auf einer Brückenwaage gewogen, und so wurde das Gewicht für die sechs Tage ermittelt. Eine durchschnittliche Leistung von 30 kg wurde pro Sektor für die Rotier-Waage bestimmt.

Spalten 14, 15 *und* 16.—Die Abgasanalysen wurden in regelmässigen Zwischenräuman während des Tages mittels eines Orsat-Apparates ausgeführt.

Spalten 17, 18 *und* 19.—Die Temperatur des die Kühltrommel verlassenden Klinkers wurde festgestellt, indem man diesen in eine Holzkiste von Würfelformat mit Seitenlangen von 15 cm sammelte und ein Quecksilber-thermometer einsetzte. Es ist hierbei erhebliche Sorgfalt nötig, da sonst die Ablesungen zu niedrig ausfallen. Die Temperatur der Ofenabgase wurde mittels eines Einfaden-Registrierapparates bestimmt.

Die Temperatur am Fusse des Schornsteins wurde in regelmässigen Zwischenräumen mittels eines Pyrometers und einer transportablen Anzeigevorrichtung beobachtet, und aus den Ablesungen eines Tagesergebnisses wurde das Mittel genommen. In diesem Falle ist der Ofen und Schornstein verbindende Fuchs von ungewöhnlicher, 88 m betragender Länge, und der Abfall der Temperatur zwischen dem Ofenende und dem Fuss des Schornsteins ist besonders infolge des Eintritts kalter Luft durch Undichtigkeiten bemerkenswert.

(*Fortsetzung folgt.*)

Zement-Beanstandungen.—II.

von H. A. HOLT.

Eine Reklamation wurde bearbeitet, bei der Eisenbeton-Oberbalken, die mit einem Putz aus Zementmörtel versehen waren, insofern einen Misserfolg herbeigeführt hatten, als der Putz abgefallen war. Bei der Analyse wurde festgestellt, dass der Beton des Oberbalkens 14.5% Kohle enthielt, die aus dem Koksschlacken-Zuschlag stammte, während der Putz in einer Schicht aufgetragen worden und so schwer war, dass er stellenweise von dem Unterbeton abgerissen war. Dieser hatte infolge der Oxydation der Kohle getrieben und hatte die an sich bereits kleine Adhäsionskraft des Putzes zerstört.

Ein ähnlicher Fehlschlag wurde untersucht, bei dem sich glasierte Ziegel vom Putzmörtel gelöst hatten. Es wurde festgestellt, dass dieser Putz die Ursache der Unzuträglichkeiten war. Tatsächlich waren diese infolge des 3% betragenden Kohlegehalts der Zuschlagstoffe des Hinterbetons entstanden, die beim Treiben den Mörtel gelöst und so die Ziegel gelockert hatten.

Der schädliche Einfluss der Kohle in einem Zuschlagstoff wird bis zu einem gewissen Grade reduziert, wenn der Beton genügend dicht hergestellt wird so, dass der Zutritt von Luft und Feuchtigkeit verhindert und die Kohle nicht so schnell oxydiert wird. Kohle findet sich naturgemäss lediglich in Koksaschen und solchen Zuschlagstoffen, wie sie für die Herstellung porösen Leichtbetons, der darauf mit Mörtel verputzt wird, verwendet werden. Es hängt von diesem Mörtel ab, innerhalb welcher Frist die oxydierenden Stoffe wie Luft und Wasser Zutritt zu dem Hinterbeton finden.

Es ist daher auf jeden Fall unklug, Zuschlagstoffe zu verarbeiten, die auch nur irgendwie mehr als eine Spur von leicht oxydierbarer Kohle enthalten, seitdem bekannt ist, dass Betone, die aus solchen Zuschlagstoffen hergestellt sind, beim Abbinden zum Treiben neigen. Wenn das Treiben während des Abbindens durch schnelles Austrocknen des Betons unterbunden wird, so wird das Treiben vermutlich dann später eintreten wenn der Beton infolge atmosphärischer oder anderer Ursachen feucht wird.

Ebenso wie bei der Kohle macht sich der schädliche Einfluss der Sulfide in den Zuschlagstoffen dann nicht so bemerkbar, wenn der Beton sehr dicht und undurchlässig ist. Ein Bordstein aus Vorsatzbeton, der längere Zeit in Gebrauch gewesen war, wurde geprüft und erwies sich, soweit Festigkeit und Raumbeständigkeit in Frage kamen, als hochwertig. Bei der Analyse stellte sich heraus, dass die als Zuschlag verwendete Schlacke mehr Sulfide enthielt, als der oberen Sicherheits-Grenze entspricht. Der Bordstein war indessen mit einer Rüttelvorrichtung verdichtet worden und war praktisch undurchlässig.

Eine basische, kristalline, harte und gut gekörnte Schlacke, die aber 2.5% Schwefel als Sulfid enthielt, wurde in einer 1 : 4 Mischung in Würfel gefüllt.

Diese wurden nach 7 Tagen geprüft und mit ähnlichen Würfeln verglichen, die aus gutem Sand und dem gleichen Zement hergestellt waren. Die Schlackenwürfel besassen nur 40% der Festigkeit der Sandwürfel. Sulfide finden sich häufig in Spaten und zwar oft gebunden als Zinksulfid, das ein schädlicher Bestandteil ist. In fünf Fällen minderwertigen Betons stellte sich beim Prüfen heraus, dass diese unzweifelhaft Zink und Schwefel als Sulfid enthielten:

	Zink	Schwefel als Sulfid
1. Fall	5.26%	2.22%
2. Fall	1.22%	4.36%
3. Fall	5.98%	2.30%
4. Fall	2.94%	1.43%
5. Fall	3.32%	1.63%

In jedem dieser Fälle war der Beton nach zwei Tagen noch nicht richtig abgebunden und konnte leicht zwischen den Fingern zerdrückt werden. Ueberdies wies der Beton zu dieser Zeit einen hohen Gehalt an ungebundener Feuchtigkeit auf. Die darauffolgende Erhärtung war in allen Fällen gering. Andere Zinksalze wie Zinkkarbonat und Zinkoxyd besitzen ebenfalls auf Beton schädlichen Einfluss.

Auch Bleisulfid findet sich in einzelnen Spaten und ist ebenso wie Zinksulfid unstabil. Der Beton wird in verschiedener Weise angegriffen je nach dem Metall, mit dem sich der Schwefel als Sulfid verbunden hat; in fast allen Zuschlagstoffen, die Schwefel enthalten, verbindet sich der Schwefel mit dem Eisen im Zement unter Bildung von Eisensulfid, wobei zunächst eine grüne und später rostige Färbung im Beton entsteht.

Schlacken enthalten oft Calciumsulfat, das mit dem Calciumaluminat im Zement Calciumsulfoaluminat bildet und die Zerstörung des Betons herbeiführt.

Es ist keine sehr kluge Gewohnheit, Zuschlagstoffe, die Sulfide enthalten dem Wetter auszusetzen, da, trotzdem einige wie Magnesiumsulfid, das leicht löslich ist, auf diese Weise entfernt werden, Calciumsulfid oft in Calciumsulfat umgewandelt wird, wobei das in dem vorigen Absatz erwähnte Ergebnis resultiert.

Wenn Zuschlagstoffe, die Sulfide enthalten, zu Eisenbeton verarbeitet werden, so kann das Resultat verheerend sein. Der Schwefel verbindet sich zunächst mit dem Metall, wobei sich Eisensulfid und später Eisenoxyd bilden. Der Beton wird dann durch Volumenvergrösserung zerstört. Die in Koks-und Müllaschen vorhandenen Sulfide sind, allgemein gesprochen, einigermassen beständig, wenn sie nicht im Ueberschuss anwesend sind.

Gelegentlich ist Schwefelsäureanhydrid in einem Zuschlagstoff die Ursache eines Misserfolgs mit Beton, da dieses gleichbedeutend ist mit überschüssigem Zusatz von Gips im Zement. In dem Falle eines Putzes auf Ziegelmauerwerk, der sich abgehoben hatte und Risse aufwies, wurde festgestellt, dass die Ziegel selbst einen Ueberschuss an Schwefelsäureanhydrid enthielten, der, da feuchte Verhältnisse vorlagen, die Ursache gewesen war, dass der Zementmörtel und Putz sich ausdehnten und gerissen waren.

Ein interessanter Fall des Misserfolgs mit Beton durch Schwefelsäureanhydrid ergab sich bei einer Beanstandung, nach der eine nicht bewehrte Betonstrasse, die vor zwei Jahren angelegt worden war, neuerdings anfing, sich an einzelnen Stellen zu heben und zwar an einer Stelle um 15.24 cm. Bei der Untersuchung stellte sich heraus, dass der Beton gerissen und teilweise sehr stark zerstört war. Als Zuschlagstoffe waren Steinschotter und Flussand, die als einwandfrei befunden worden waren, verwendet worden, doch wurde bei der analytischen Untersuchung des vom Schotter getrennten Mörtels festgestellt, dass dieser so viel wie 6% Schwefelsäureanhydrid enthielt. Dieses

war natürlich die Ursache der Schwierigkeiten, doch bestand das Problem darin, zu ermitteln, woher dieser Gehalt gekommen war. Es wurde festgestellt, dass der Beton auf einer Unterlage von Steinen, die mit Schlacke gemischt waren, verlegt worden war. Die Schlacke enthielt Schwefel als Sulfid und Schwefelsäureanhydrid, die in der Folge von dem Beton absorbiert worden waren und so zu seiner Zerstörung geführt hatten.

Einige Betonpfosten, die um die Abfallhalde eines Bergwerks aufgerichtet waren, zeigten am Fusse Zerstörungserscheinungen. Die Pfosten standen im Wasser einer kleinen Quelle, die aus dem Boden der Halde ihren Ursprung nahm. Dieses Wasser zeigte bei der Analyse einen ausserordentlich hohen Gehalt an Salzen, namentlich an Sulfaten des Calciums, Magnesiums und Natriums. Diese hatten mit dem Zement reagiert und die Zerstörungen verursacht.

Misserfolge entstehen gelegentlich infolge der Ungeschicklichkeit der Verbraucher von Beton, die nicht in der Lage sind, die Begrenzung seiner Möglichkeiten zu erkennen. Der Werkingenieur, der verlangt, dass ungeschützter oder ungenügend geschützter Beton dem Angriff industrieller Flüssigkeiten widerstehen soll, wird sich in ernsten Ungelegenheiten befinden. Ein Beispiel des Misserfolgs bei der Oberfläche eines Fabrikfussbodens ist vermerkt worden; dieser war auf die Anhäufung von Abfallfetten auf dem Boden zurückzuführen. Das Fett enthielt eine geringe Menge an Fettsäuren, die an sich nicht sehr hoch war, doch steigerten sich die Säuremengen nach längerer Zeit in dem Masse, wie das Fett ranziger wurde, bis die Oberfläche des Betons weggefressen war. Wenn die Oberfläche des Bodens verhünftig sauber gehalten und die Ansammlung von Fett nicht zugelassen worden wäre, würde die Schädigung des Bodens minimal gewesen sein. Sie wäre noch kleiner geworden, wenn der Boden vor seiner Benutzung mit einer dreimaligen Imprägnation von Natriumsilikatlösung versehen worden wäre.

Eine Strasse, auf die Holzblöcke gelegt waren, erhärtete in unbefriedigender Weise; Versuche wurden im Laboratorium ausgeführt, um die Ursache der Schwierigkeiten herauszufinden. Holzblöcke wurden auf die Oberfläche von Beton gelegt, wenn dieser zwischen 24 Stunden und sieben Tagen alt war, und in keinem Falle war das Resultat unbefriedigend. Wenn andrerseits Holzblöcke auf Beton gelegt wurden, der noch kaum abgebunden hatte, so wurde festgestellt, dass der Beton Kreosot aus dem Holz absorbierte und dass, obwohl der Zement abband, er praktisch keinerlei Festigkeit erreichte.

Der schädliche Einfluss des Zuckers auf Zement ist im allgemeinen bekannt, doch sind sich vielleicht noch nicht alle darüber klar, welch kleine Zuckermengen erforderlich sind, um Zerstörungen zu verursachen. Ein Eisenbeton-Fussboden ermangelte der Erhärtung, und es konnte keine Ursache für diesen Misserfolg ermittelt werden. Die Zuschlagstoffe, wie Sand und der Zement waren von erstklassiger Güte,—der Sand war gewaschen worden,—die Ausführung stand ausser jeder Frage, und nur einer zufälligen Untersuchung war es zu danken, dass entdeckt wurde, dass der gewaschone Sand in Zuckersäcken angeliefert worden war. Etwas Zucker war in jedem Sack zurückgeblieben, in dem nassen Sand aufgelöst worden und so, gänzlich unbemerkt, in den Zement mit dem zerstörenden Ergebnis gelangt.

Lohbrühe in Verbindung mit ungeschütztem Beton verursacht fast immer, ebenso wie dieses alle sauren Lösungen tun, Misshelligkeiten. In solchem Falle ist es notwendig, für eine säurebeständige Auskleidung oder Deckschicht zu sorgen so, dass jede Berührung zwischen der Säure und dem Zement verhindert wird. Eine Mischung aus Pech und Teer, oder besser noch ist säurebeständiger Asphalt oder Blei, stellen eine passende Schutzschicht dar.

Bei der Analyse einer Probe schlechten Betons sind die beiden, am schwie-

rigsten in befriedigender Weise bestimmenden Punkte, die der Konsistenz, in welcher der Beton gemischt wurde und die Frage, ob er richtig nachbehandelt worden ist. Das Aussehen liefert häufig einen Schlüssel zu dem ersteren Punkt, ist aber gelegentlich irreführend. Ein hoher Gehalt an Glühverlust kann bedeuten, dass ein Ueberschuss von Anmachewasser verwendet wurde; es kann aber ebenso gut bedeuten, dass zu wenig Anmachewasser verwendet worden war, woraus ein poröser Beton resultierte. Ein befriedigender Schluss auf die Konsistenz kann aus dem Gehalt an nicht gebundenem Wasser gezogen werden; man muss aber sicher sein, dass keine anderen Stoffe oder Einflüsse anwesend waren, die das Abbinden hätten verzögern können, wie z.B. Frost, organische Stoffe oder Zucker. Ein kleiner Glühverlust und ein hoher Gehalt an unverbundenem Wasser können andeuten, dass der Beton Frost ausgesetzt war, oder dass das Abbinden des Zements durch andere Einflüsse verzögert wurde. Ein kleiner Glühverlust in Verbindung mit einem kleinen Gehalt an unverbundenem Wasser deutet auf schnelles und gewaltsames Austrocknen.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass Gesteinsabfälle und Staub als Zuschlagstoffe oft den Misserfolg bei der Erhärtung von Beton verursachen; dieses tritt um so mehr ein, wenn das Wetter nass ist und die Temperaturen verhältnismässig niedrige sind. Es ist eine grosse Anzahl von Versuchen ausgeführt worden, doch hat sich bis jetzt noch keine befriedigende Erklärung ergeben. Es ist wahrscheinlich, dass die Weichheit des Betons auf der grossen Menge Wasser beruht, die beim Mischen zugefügt werden muss, um die feinen Staubteilchen anzunässen, und dass sie auf der Adhäsionsschwäche des Betons beruht, die durch die Unmöglichkeit hervorgerufen wird, dass der Zement den Staub überdeckt. Wird der Staub ausgesiebt, so würden befriedigende Ergebnisse erhalten werden.

Der Misserfolg mit einigen Eisenbetonpfählen beim Einrammen bot einen interessanten Fall anderer Art. Als die schlechten Pfähle zerbrochen und geprüft wurden, fanden sich im Beton helle, grün gefärbte Flecken besonders dort, wo die Steine vom Mörtel abgerissen waren. Ausgetrocknet waren die Flecke von weisser Farbe. Der Kies war aus dem Flussbett gebaggert worden und sah trocken ganz rein aus. Bei der Untersuchung stellte sich heraus, dass die grünen Ablagerungen im Beton aus Algen, einem Wassergewächs, bestanden. Diese hatten einen Teil der Zuschlagstoffe im Fluss überzogen und waren so in den Beton gekommen. Die Haut um die Zuschlagstoffe hatte die richtige Kohäsion mit dem Zement verhindert, wodurch infolge der organischen Substanz der Wirkungsgrad des Zements reduziert war. Zu diesen Faktoren traten schlechtes Korngrössenverhältnis, schlechtes Mischen und die Anwesenheit von Kohle, die mit dem Kies ausgebaggert worden war, und so war der Misserfolg nicht unerklärlich.

Ausblühungen, tatsächliche wie sogenannte, sind oft die Ursache von Beanstandungen besonders bei gefärbten Betonarbeiten. Ein typisches Beispiel bot sich bei einer grossen Betonkonstruktion, an deren Oberfläche sich Ausblühungen gebildet und das Aussehen des Gebäudes völlig ruiniert hatten. Es wurde ermittelt, dass Teile der Arbeit nur eine unverhältnismässig dünne Deckschicht erhalten hatten, und dass der Unternehmer die Oberfläche mit Zement angestrichen hatte. Dieses erklärte den Ausschlag, da das Wasser in der Zementschlämme mit Kalk in Lösung übersättigt war; beim Trocknen war dieser Kalk auf der Oberfläche des Betons niedergeschlagen worden und hatte sich in Berührung mit der Kohlensäure der Luft schnell in kohlensauren Kalk verwandelt. Jede Betonoberfläche besitzt einen Ueberzug von kohlensaurem Kalk, gewöhnlich aber so dünn, dass er nicht wahrnehmbar ist, mit Ausnahme solcher Fälle, wo der Beton porös ist und Calciumhydroxyd aus der Betonmasse gelöst werden und durch Kapillarwirkung an die Oberfläche gebracht werden kann.

Eine andere wegen Ausblühungen erhobene Reklamation erwies sich als nichts weiter wie die angehäufte Ablagerung von Salzen aus Seewasser, die auf der Oberfläche ausgetrocknet waren.

Die bemerkenswerteste Beanstandung, welche behandelt wurde, ist wahrscheinlich diejenige, welche unter der falschen Bezeichnung der Ausblühung angebracht war. Betonfundierungen und-Wände wurden zwischen den Gezeiten ausgeführt: Die verwendete Mischung war 4 : 2 : 1 und die Zuschlagstoffe bestanden aus, nach Korngrössen abgestuftem Granit und Sand. Der Beton war gut gemischt worden und infolge Versagens der Pumpe auf feuchten Grund eingebracht worden. Fünf Stunden später bedeckte Seewasser den Beton bis zu einer Tiefe von 1.80 m. Als nach vier Tagen das Wasser ausgepumpt wurde, war das, was wie ein Wald von weissen Röhren aussah, als aus dem Beton kommend ermittelt worden. Die Rohre waren dünn aber durchaus hart, 5 mm im Durchmesser und leicht spitz zulaufend. Sie waren gleichmässig verteilt mit etwa neun auf den Quadratfuss und hatten eine durchschnittliche Höhe von etwa 40 cm, obwohl einzelne 90 oder 120 cm Höhe erreichten. Die wahrscheinliche Erklärung für diese Erscheinung besteht darin, dass eine Kalklösung aus dem Beton durch Luftlöcher gedrückt worden war infolge Setzens der Zuschlagstoffe und dass, sobald diese Kalklösung mit dem harten Seewasser in Berührung kam, kohlensaurer Kalk niedergeschlagen wurde.

Dieses ging so lange weiter, wie der Beton plastisch war und entsprechend wuchs das Rohr aus kohlensaurem Kalk. Der Niederschlag konnte sich nur an der Aussenseite des Strahls der Kalklösung bilden und der Kern des Strahls kam direkt herauf durch das Rohr. Die Aufwärtsbewegung der Kalklösung war wahrscheinlich auf die Tatsache, dass ihre Dichte kleiner als die des Seewassers war, zurückzuführen. Solch eine Wirkung dürfte sich in frischem Wasser wahrscheinlich nicht ereignen, weil die Kalklösung dann eine höhere Dichte und die Tendenz haben würde, eine Inkrustierung oder Auflageschicht auf der Oberfläche des Betons zu bilden.

Die Portlandzementindustrie der Vereinigten Staaten im Jahre 1929.

Zum ersten Male seit 1921 wiesen Erzeugung und Absatz von Portlandzement einen Rückgang gegen die voraufgegangenen Jahre auf. Nach der vom U.S. Bureau of Standards geführten Statistik betrug die Erzeugung 1929 offenbar 28,753,290 t gegen 29,914,560 t im Jahre 1928, was einem Abfall von 1,161,270 t oder 3,9% entspricht. Der Absatz belief sich 1929 ungefähr auf 28,839,990 t gegen 29,827,350 t im Jahre 1928, was einen Rückgang von 987,360 t oder 3,3% bedeutet. Neun neue Werke und eine Mahlanlage vermehrten 1929 die Leistungsfähigkeit der Industrie um 1,53-1,7 Millionen t, während Umbauten und Vergrösserungen bereits bestehender Fabriken wahrscheinlich einen Kapazitätszuwachs zwischen 510,000 und 680,000 t ergaben; am Ende des Jahres betrug die Leistungsfähigkeit der bestehenden Werke etwa 43 Millionen t, was verglichen mit 1928 eine Steigerung um 2,359,000 Millionen t bedeutet. Während der Hauptsaison im Jahre—Monat August—wurde eine 86% ige Ausnutzung der vorhandenen Kapazität erzielt.

Die erzielten Preise fielen während des ganzen Jahres, insbesondere aber in der zweiten Hälfte. Der durchschnittliche Nettoerlös betrug per Fass 1828

RM.6,99. Für 1929 wurde über Preisreduktionen bis zu 25% berichtet bei einem Durchschnitt von 10%.

Der Wert der 1929 verkauften 28,9 Millionen t belief sich ungefähr auf 1,029 Millionen RM., gegenüber 1,159 Millionen RM. für 29,9 Millionen t im Jahre 1928.

Die Einfuhr erreichte in den ersten zehn Monaten des Jahres 262,986 t gegen 347,161 t, während des gleichen Zeitraums im Jahre 1928. Die gesamte 1928 eingeführte Menge betrug 388,294 t. Der durchschnittliche Wert des, während der ersten zehn Monate des Jahres eingeführten Zements betrug per Fass RM.4,79, verglichen mit RM.5,59 per Fass im Jahre 1928. Zweidrittel der, in den ersten zehn Monaten eingeführten Menge an Portlandzement (179,860 t) kommt aus Belgien. Der Durchschnittswert des nach Massachusetts eingeführten Zements beträgt per Fass RM.5,80.

Vom technischen Standpunkt gesehen war das Jahr 1929, wie die Zeitschrift " Rock Products " feststellt, durch zwei besondere Entwicklungen charakterisiert, nämlich durch das allgemeine Interesse wie die ausgedehnte Aufnahme der, sowohl nass wie trocken erfolgenden Mahlung bei geschlossenem Stromkreis unter Ueberwiegen der Anwendung auf das Trockenverfahren und durch die wachsende Anwendung von Schlammfiltern. Vom Gesichtspunkt der Rationalisierung ist der Transport von Zement in losen Haufen hervorstechend. Das selbstentladende, seetüchtige Zementtransportschiff ist keine neue Errungenschaft, da Schiffstypen dieser Art seit mehreren Jahren von ein oder zwei Fabrikanten auf den grossen Seen benutzt worden sind. Das Jahr 1929 ist durch die Entwicklung einer neuen Type des losen Transports, die ein oder zwei, in Tunneln laufende Kratzeimer verwendet, um anstatt mit Förderbändern zu entladen, gekennzeichnet. Schiffe und Leichter von ungefähr ähnlicher Bauart werden zum losen Transport an der Ostküste, auf den Flüssen Mississippi und Ohio wie auf den grossen Seen verwendet. Die rationalisierende Wirkung dieser Entwicklung der Industrie hat zum Bau von Packanlagen in Städten geführt, die weit ab von den Fabriken lagen, und sie hat verschiedenen Werken, welche am Wasser liegen, die Vorteile der Fabriken gebracht, die in den Hauptabsatzgebieten liegen, da Lieferung im Wagen direkt von der Packanlage an den Kunden durchgeführt werden kann.

Beinahe zwei Jahre lang hat die Portland Cement Association in Zusammenarbeit mit dem U.S. Bureau of Mines an der Universität Minnesota Untersuchungen über das Mahlen in geschlossenem Kreise angestellt; ausserdem sind Forschungen am U.S. Bureau of Standards über Korngrössen ausgeführt worden. Obwohl die Ergebnisse dieser Forschungen bisher nur den Mitgliedern der Portland Cement Association bekannt gemacht worden sind, ist dennoch davon genügend bekannt, um voraussagen zu können, dass sie ausgesprochen umstürzend sind. Während sich das Nassmahlen in geschlossenem Kreise wirksam und rationell auf metallurgischem Gebiete erwiesen hatte, galt dasselbe bisher nicht unbedingt für die Trockenmahlung in geschlossenem Stromkreise. Die gleiche Entwicklung beider Mahlarten eröffnet erneut die Kontroverse über die Trocken-und Nassverfahren. Die erfolgreiche Anwendung beider hängt von der wirksamsten Korngrössenmahlung für die chemischen Reaktionen in einem Drehofen ab, und dieses scheint festgestellt worden zu sein, obwohl leichte Schwankungen mit der Materialart und den besonderen Bedingungen vorkommen können.

Während der letzten Jahre ist mit dem wachsenden Verlangen nach schneller erhärtendem Zement und der hierdurch bedingten sorgfältigeren Mischung der Rohmaterialien das Nassverfahren bei weitem beliebter geworden. Ausser der präziseren Aufbereitung und leichteren Kontrolle besitzt das Nassverfahren

infolge des ökonomischen Nassmahlens unbestreitbare Vorteile. Die nach dem Nassverfahren arbeitende Fabrik von Ford, welche Schlammfilter und andere wärmespeichernde Verfahren benutzt, reduzierte ihren Kohlenverbrauch während eines Monats auf weniger als 20 kg per 100 kg bei einer Kohle von 7,800 Kal/kg Heizkraft.

Jetzt wird berichtet, dass die Verwendung von Windsichtern im geschlossenem Mahlkreislauf mit Rohmühlen und der genauen Kontrolle der Korngrösse des austretenden Materials, das Verhältnis zwischen beiden Prozessen verändert habe. Einige der älteren, nach dem Trockenverfahren arbeitenden Werke, die sich scheinbar an der Grenze des Veraltetseins befanden, haben bemerkenswerte Ergebnisse hinsichtlich verbesserter Güte des Erzeugnisses und gesteigerter Leistung, sowohl was die Mahleinheiten wie die Oefen angeht, erreicht. Windsichter, besonders auf der Endseite, sind der Zementindustrie keineswegs neu, doch ist die gegenwärtige Bauart und ihre Anwendung neu. Nach Ansicht einiger der erfahrensten Zementfabrikanten hat das neue Mahlen in geschlossenem Mahlkreislauf und die Verwendung der richtigen Korngrösse der Rohmaterialien für das verlangte Erzeugnis in Verbindung mit den neuzeitlichen Methoden der Trockenmischung viele ältere nach dem Trockenverfahren arbeitende Werke in ihrer Existenz sicher gestellt.

Die amerikanische Gesellschaft für Materialprüfungen beabsichtigt zur Zeit die Portlandzementnormen zu revidieren, indem die Anforderungen an die Mindestzugfestigkeit nach 7 Tagen von 15,8 kg/qcm auf 19,3 kg/qcm und die Mindestzugfestigkeit nach 28 Tagen von 22,8 kg/qcm auf 24,6 kg/qcm geändert werden soll. Ein besonderer Untersuchungsausschuss ist ernannt worden, um die Frage der Begrenzung des Kalkgehaltes unter Verwendung der Molekularverhältnisse von Kalk, Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd zu klären. Der Ausschuss bereitet versuchsweise neue Normen für hochwertigen Portlandzement vor: An Stelle der gegenwärtiegen Vorschrift von 2% Schwefelsäureanhydrid wird vorgeschlagen diesen Wert auf 2,5% zu erhöhen; es ist weiter geplant, dass die Mindestzugfestigkeit nach einem Tage 19,3 kg/qcm und nach 3 Tagen 26,36 kg/qcm betragen soll.

Fehlerhaftes Abbinden von Zement.

Wir haben von Herrn Frederick Whitworth in Brüssel die folgende Zuschrift erhalten:—

Sehr geehrter Herr.—Als Antwort auf den Brief von "W.T.W." in der Augustausgabe 1929 von Cement and Cement Manufacture uber die fehlerhafte Abbindezeit von Zement behandle ich im Folgenden das Ergebnis einiger Versuche, die ich vor gewisser Zeit unternommen habe, und die Folgerungen aus diesen, zu denen ich gelangte.

Es wurden folgende Versuche angestellt:

(1) Es wurde eine Probe normalen Zements genommen, die keine Zeichen fehlerhaften Abbindens zeigte, obwohl sie extrem schnell angemacht wurde. Die Probe wurde eine halbe Stunde lang auf 150° C., welche Temperatur extrem heissen Verhältnissen in den Mühlen entspricht, erhitzt, worauf sie falschen Abbindebeginn nach 10 Minuten ergab.

(2) Eine Klinkerprobe wurde in einer kleinen Versuchsmühle gemahlen und in drei Teile geteilt. Folgende versuche wurden unternommen:

(*a*) Sofort nach dem Mahlen angerührt ergab sich Rapidbinden.

(*b*) Der zweite Teil wurde nach Zusatz von 4 Prozent Gips angemacht. Hierbei ergab sich eine mittlere Abbindezeit von ungefähr 1½ Stunden für den Abbindebeginn (Vicatnadelprobe).

(*c*) Der dritte Teil wurde mit 4 Prozent Gips gemischt und eine halbe Stunde lang auf 150° C. erhitzt. Hierbei ergab sich ein verschiedenes Abbinden, indem einzelne Stellen in leichtem Masse falsches Abbinden zeigten, die Probe im allgemeinen aber eine mittlere Abbindezeit wie bei Probe (*b*) aufwies.

Ich kam zu folgenden Schlussfolgerungen: Das sogenannte falsche Abbinden ist auf das teilweise für sich erfolgende Abbinden des Gipses zurückzuführen, während der Zement seine normalen Abbindeverhältnisse beibehält. Ist der Gips sehr fein gemahlen und sehr innig mit dem Zement gemischt, so baut er gleich nach dem Anmachen in gewissem Umfange eine innere Struktur auf. Die naheliegende Analogie, die ich zu dieser Struktur zu geben vermag, ist die eines mit Wasser vollgesaugten Schwamms, wobei der Schwamm der Gipsstruktur und das Wasser dem Zement entspricht. Wenn der dehydrierte Gips nicht innig mit dem Zement gemischt ist, oder wenn die Mahlung grob ist, so können die Gipsteilchen beim Abbinden nicht ineinandergreifen und daher nicht diese Struktur erzeugen, oder aber die Struktur besitzt nicht genügende Kohäsion, um die Abbindenadel aufzuhalten.

Aus diesen Gründen sollten bei Versuchen die Bedingungen so weit wie möglich den Verhältnissen beim Mahlprozess hinsichlich Zeit, Temperatur und mechanischer Mischung entsprechen. Andernfalls werden irreführende Resultate erhalten.

Es würde sich weiter ergeben, dass Zement mit dieser falschen Abbindezeit trotzdem genug SO_3 in Lösung besitzt, um das Abbinden des Zements ordentlich zu verzögern. Eine Versuchsreihe hinsichtlich der Zugfestigkeit eines solchen Zements zeigte, dass kein Unterschied zwischen einem schnell angerührten und dem Erhärten überlassenen Zement und einem erneut angerührten Zement, nachdem man vorher das falsche Abbinden sich hatte entwickeln lassen, bestand. Es wurde festgestellt, dass auch ein 1 : 3 gemischter Zementsandmörtel falsches Abbinden ergab, wodurch angezeigt wurde, dass die Schwamm-Struktur in dieser Mischung vorhanden sein kann. Solch eine Mischung ähnelt noch mehr dem vollgesogenen Schwamm, da die Sandteilchen das Analogon darstellen zu den grossen unausgefüllten Luftporen im Schwamm, in dem die Oberflächenspannung nicht ausreicht, um die Menge Wasser zu halten.

In einigen von Ihrem Berichterstatter angeführten Fällen dürfte es möglich erscheinen, dass die falsche Abbindezeit während des Anmachens unterbrochen wurde. Ich stelle mir vor, dass sich dieses häufig ereignet, und ich pflege die Gewohnheit zu haben, einen kleinen Teil des Breis während des Anmachens abzutrennen und zum Zwecke der Beobachtung während des Anmachens des Hauptteils bei Seite zu stellen.

Dieser Gegenstand besitzt gewisse Bedeutung, da mir Fälle bekannt sind, wo ein Zement wegen falschen Abbindens zurückgewiesen wurde, obwohl seine Güte ausgezeichnet war und sich beim Bauen keine Störung ergeben haben würde.

Abschliessend wünsche ich Ihnen für Ihre internationale Zeitschrift vollen Erfolg und versichere Sie auf Grund von Beobachtungen in verschiedenen Ländern, dass Ihre Zeitschrift ausserordentlich hochgeschätzt wird.

Eine neue Sack-Packmaschine.

Wer mit gemahlenen Materialien wie Zement, Kohle, Gips etc. zu tun hat, weiss, dass diese Materialien, wenn sie in einen Behälter wie Fass, Sack oder Silo fliessen, anfangs ein grösseres Volumen einnehmen als nach einiger Zeit des Lagerns. Dies ist dadurch zu erklären, dass die beim Einlaufen mitgerissene Luft zwischen den Staubteilchen Polster bildet, die das Volumen vergrössert. Nach einiger Zeit des Lagerns entweicht diese Luft langsam und der Staub sinkt in sich zusammen und nimmt einen kleineren Raum ein. Jetzt ist eine Maschine von der Firma Andreas Maschinen-Gesellschaft m.b.H. auf den Markt gebracht worden, deren Arbeitsweise auf dieser Tatsache beruht; sie soll die erste genau wiegende, automatisch packende Maschine sein, welche die Säcke während des Füllens schüttelt, wodurch die Verwendung eines kürzeren Sacks möglich wird.

Das Volumen des in die Säcke gefüllten Zementes lässt sich durch entsprechendes Rütteln derart verkleinern, dass je nach der Dichte des betreffenden Zementes die gerüttelten Säcke 5-10 cm kürzer sein können, als normale. Der Einwand, dass diese leichter platzen ist durch die Praxis widerlegt und somit nicht stichhaltig. Die Ersparnis bei Verwendung der kurzen Säcke beträgt für ein mittleres Zementwerk allein bis zu RM. 1630 pro Monat. Das Mass, um welches die gerüttelten Säcke kürzer gemacht werden können, hängt von der Dichte des jeweiligen Zementes ab und wird am besten nach Aufstellung der Maschine durch Versuche festgelegt. Die Verkürzung wird so bemessen, dass immer noch Spielraum und Luft für den gerüttelten Zement in dem Sack verbleiben. Wir hören, dass von verschiedenen Ländern Europas gerüttelte, kurze Andreas-säcke, dauernd über See gehen, ohne dass je eine Reklamation käme.

Die nachfolgende Beschreibung der Andreas Ventil-Sack-Packmaschine erklärt deren Arbeitsweise. Das vom Zementsilo mittels irgend eines Transportmittels ankommende Zementmehl gelangt zunächst in eine Siebtrommel, die mit kräftigem Stahldrahtgewebe bespannt ist. Man hat die Trommel einer Schnecke mit gelochtem Boden vorgezogen, da der Verschleiss bei der Trommel geringer ist und der Zement leichter und schneller durchfällt. Die Trommel hat den Zweck, die evt. im Zement befindlichen Fremdkörper auszuscheiden, damit sie nicht in die Maschine geraten. Unter der Trommel befindet sich eine Verteilerschnecke, die den Zement in reichlicher Menge den unter ihr liegenden Waagen zuführt. Die Waagen sind Präzisionswaagen, die nach Gewicht und nicht nach Volumen arbeiten. Der Wiegebehälter ist so gross bemessen, dass Zement von jeder Dichte gewogen werden kann.

Die normale Füllung bei Zementsäcken ist 50 kg weshalb das in einer Waage befindliche Gegengewicht 50 kg schwer ist. Will man ausnahmsweise etwas leichtere oder auch schwerere Säcke verpacken, so braucht lediglich das Gegengewicht der Waage ausgewechselt werden, was sehr leicht und schnell geschehen kann. Die Waagen sind staubdicht eingeschlossen und sehr leicht zugängig. Sie haben, wie alle Präzisionswaagen zwei Füllperioden und zwar die des Haupt- und des Feinstromes.

Die Entleerung der Waage erfolgt durch eine untere Klappe. Der bedienende Arbeiter hat nicht den geringsten Einfluss auf die Waage, bevor nicht genau 50 kg in diese eingelaufen sind. Ferner gibt sie automatisch die Zahl der Füllungen an. Ein Vorrichtung wirft die Säcke nach dem Füllen automatisch ab, eine beträchtliche Erleichterung für den Arbeiter.

Die Waagen sind bezüglich Ihrer Ein-und Auslaufklappen so konstruiert, dass absolut kein Zement nachrieseln kann. Der abgewogene Zement fällt aus den Waagen in die unter ihnen befindlichen spitzen Trichter, an deren unterem Ende die Turbinen fest verschraubt sind. Der in den Trichtern herabstürzende Zement gelangt—wie Versuche gezeigt haben—fast schon allein durch sein Eigengewicht und die Fallgeschwindigkeit in die Säcke. Unterstützt wird der Füllvorgang durch die erwähnten Turbinen.

Da die Turbinen der Andreasmachine nur im Augenblicke des Füllens im Zement laufen und dem einzufüllenden Zement beim Eintritt in die Turbinen schon eine gewisse Geschwindigkeit inne wohnt, so ist es einleuchtend dass der Verschleiss nur ein geringer sein kann und ausserdem auch der Kraftbedarf ein geringer sein muss. An den Turbinen sitzen die Fülldüsen fest angeschraubt, so dass hier absolut kein Staub entweichen kann. Diese Trennung von Wiege- und Füllvorgang durch die Vermittlung der unter den Waagen angebrachten Trichter bringt den schon erwähnten erheblichen Vorteil, die Säcke rütteln zu können, ohne die Waagen zu beeinflussen. Die Düsen für Ventilfüllung sind leicht und schnell abzuschrauben und durch Mundstücke für offene Säcke zu ersetzen, sodass jede Art von Sack, ob Papier oder Jute, ob offen oder geschlossen, gefüllt werden kann. Der Sackstuhl kann durch einen Verstellmechanismus jeder Sacklänge und Sackart schnellstens angepasst werden.

Durch eine einfache Vorrichtung, die auf Wunsch angebracht wird, können auch die beim Flicken übersehenen, beschädigten Jutesäcke gefüllt werden, ohne dass eine nennenswerte Menge Zement aus dem Loch heraustritt, zumal der Fülldruck der Turbinen verhältnismässig gering ist. Der dabei entstehende geringe Staub wird sofort automatisch abgesaugt. Die Rüttelvorrichtung ist so eingerichtet, dass sie bei Verwendung langer Säcke, die nicht gerüttelt werden, einfach abgestellt wird.

Die Vierstutzenmaschine braucht nur einen Arbeiter zur Bedienung. Dieser sitzt vor der Maschine und seine ganze Tätigkeit besteht darin, die Ventilsäcke der Reihe nach auf die Düsen aufzustecken und durch leichtes Ziehen eines Hebels mit einer Hand die Waage über dem gerade aufgesteckten Sack zur Entleerung zu bringen. In dem gleichen Moment fällt an anderer Stelle ein gefüllter Sack automatisch herunter. Abb. 1 (Seite 578) zeigt die neue Sack-Packmaschine.

Wie bereits erwähnt, dient der Hebel lediglich zur Auslösung der gefüllten Waage, weshalb er ohne die geringste Kraftanstrengung bedient wird. Ausserdem ist er so angeordnet, dass der Arbeiter die Waage nicht eher zum Entleeren auslösen kann, bis diese exakt 50 kg d.h. die dem Gegengewicht entsprechende Menge Mehl abgewogen hat. Dadurch ist Vorsorge getroffen, dass der bedienende Arbeiter, wenn er im Accord arbeitet, nicht zu leichte Säcke abwirft. Die Waagen arbeiten so schnell, dass sie einen geschickten Arbeiter bei 900 Sack in der Stunde ohne weiteres nachkommen. Ein Bedienen mit Hand und Fuss, wie bei andern Maschinen, findet nicht statt.

Der Kraftbedarf der ganzen Maschine, d.h. Siebtrommel, Verteilerschnecke, vier Turbinen und vier Rüttelvorrichtungen beträgt nur 7 PS, so dass der Verschleiss des Mechanismus verhältnismässig klein ist, Die gesamte Antriebstransmission ist in der Maschine enthalten, daher geringe Anlagekosten.

Die Leistung wird mit 600 Sack pro Stunde mit einem Arbeiter garantiert; bei eingearbeiteten Arbeitern werden jedoch bis zu 900 Sack pro Stunde erzielt. Die garantierte Gewichtsgenauigkeit beträgt 200 gr plus und minus. Diese Zahl wird aber in Wirklichkeit wesentlich unterschritten.

Die genaue Arbeitsweise der Andreas-Maschine hat ihren Grund in der:—

(1) Trennung von Wiege- und Füllvorgang.
(2) Anwendung präziser Waagen.
(3) Zuführung einer reichlichen Zementmenge, zu den Waagen.
(4) Hervorragend exakten und sinnreichen Konstruktion der ganzen Maschine.

Der bei der Verteilerschnecke verursachte Überlauf kann von dem gleichen Becherwerk, das den Zement in das über der Maschine vorzusehende Vorsilo bringt, wieder in dieses zurückgeleitet werden, oder er kann, wenn es die Situation gestattet, in das Hauptsilo zurückgeführt werden. In diesem Falle erübrigt sich das Vorsilo.

Die Maschine ist auf alle Fälle, wie zweckmässig jede Maschine in der Zement-Industrie, an eine Entstaubung angeschlossen, obwohl der sich entwickelnde Staub, infolge der genauen und durchdachten Konstruktion, so gering ist, dass der bedienende Arbeiter auch ohne diese Vorrichtung kaum vom Staub belästigt wird.

Der entfallende Staub kann auch in ein Zementsilo oder irgend einen vorhandenen Entstaubungsfilter eingeblasen werden.

Die automatisch abgeworfenen Säcke fallen im allgemeinen auf ein unter ihnen liegendes Transportband, das sie zum Abwurftisch befördert. Dieser befindet sich möglichst in der Nähe der Verladestelle, sodass die Länge des Bandes von der Entfernung der Sackmaschine von der Verladestelle abhängt. Häufig wird gewünscht, dass das Band reversierbar angelegt wird, Dies ist unter Umständen für die Schnelligkeit des Verladens von grossem Vorteil.

Selbstverständlich ist es durchaus möglich, auch ohne ein derartiges Abwurfband zu arbeiten. In diesem Falle wird die Maschine möglichst nah an die Verladestelle gesetzt. Zwei Mann nehmen dann die Säcke von derselben ab, während der dritte die Karren zur Verladestelle fährt. Abb. 2 (Seite 579) zeigt zwei Sack-Packmaschinen in einem Zementwerke.

Die Maschine ist in ihrer Konstruktion ausserordentlich stabil gebaut, wie es für den Betrieb in einem Zementwerk erforderlich ist. Es sei noch darauf hingewiesen, dass die Vorrichtung des Rüttelns der Säcke, in allen Kulturstaaten zum Patent angemeldet ist.

Berichtigung.

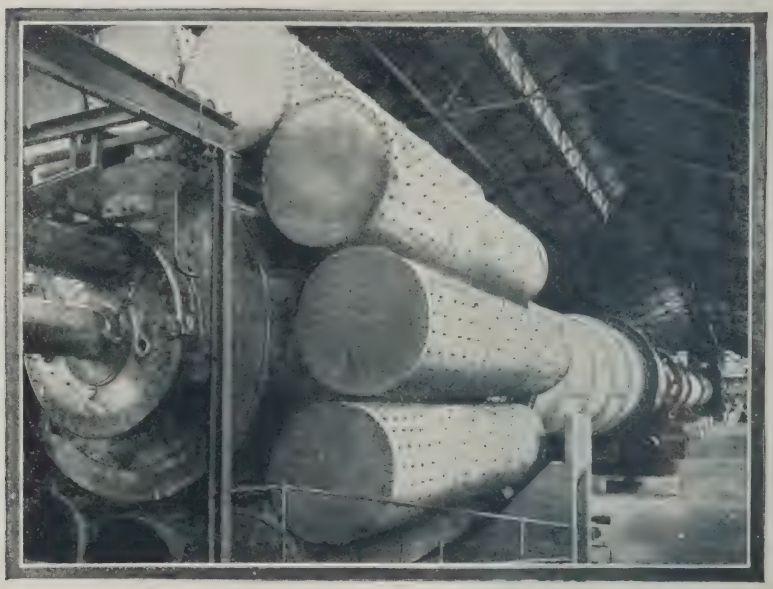
Auf Seite 165, Absatz 2 der Januar Nummer von Cement and Cement Manufacture müssen die Worte „ eine Aenderung in dem Werte für das Verhältnis von Druck zu Zug " wie folgt heissen: „ eine Aenderung in dem Werte für das Verhältnis von Dehnung zu Spannung (Elastizitätskoeffizient)."

Das Wort „ Verteilung " auf Seite 170 muss „ Ableitung " heissen.

Umwandlung der Masse bei den Uebersetzungen.

Bei allen übersetzten Artikeln sind die Gewichts-und Masseinheiten angenähert in englische oder metrische Einheiten umgewandelt.

VICKERS-ARMSTRONGS LIMITED



El grabado reproduce uno de tres grandes hornos rotatorios "REFLEX" provisto de Recuperador patentado, fabricado por los Sres. Vickers-Armstrong, Ltd., de Barrow-in-Furness, Inglaterra. Este horno tiene una longitud total de 99.43 m., siendo el diámetro por encima de los cilindros del recuperador de 8.08 m.

Este tipo de horno hace que los cimientos y edificios puedan ser de una altura mínima, suministrando una economía de inversión de capital y una baja temperatura en los gases de salida, con reducido consumo de carbón.
Diríjanse todas las solicitudes a los Talleres de

BARROW-IN-FURNESS, INGLATERRA.

Oficinas :

VICKERS HOUSE, BROADWAY, LONDON, S.W.1,
INGLATERRA.

VOLUMEN 3. NÚMERO 4. ABRIL 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
EL CEMENTO Y SU FABRICACIÓN.

SECCIÓN ESPAÑOLA

PUBLICADA POR CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, INGLATERRA.
Se publica el 20 de cada mes. Precio, 2 shillings el ejemplar.
Subscripción anual, 24 shillings, franqueo comprendido.

Un asunto a estudiar.

Los que están en contacto íntimo con los problemas del ensayo y empleo del cemento ya saben que hay cualidades que no tienen aún cabida en las normas, pero que tienden a popularizar determinadas marcas de cemento. Hay algo, además de las propiedades de resistencia, estabilidad de volumen y fraguado; la misma rapidez del endurecimiento no es suficiente, si solamente se expresa por las resistencias a las 24 ó 48 horas. Es evidente que tales cualidades especiales, a que se debe aquella popularidad, son difíciles de definir; de otra manera estarían incluídas en las normas; son características que llaman la atención de distintos consumidores en distintas formas. Por ejemplo, se sabe que algunos cementos son menos afectados que otros por las arenas sucias; dos cementos pueden tener los mismos tiempos de fraguado e iguales resistencias en sus períodos iniciales, y al paso que uno fraguará y se endurecerá satisfactoriamente al mezclarlo con un agregado fangoso, el otro tardará varios días en endurecerse. Según la hipótesis que se admite para el mecanismo del fraguado y endurecimiento del cemento, será la cristalización o bien la desecación del gel la que resultará entorpecida en dicho caso, por la presencia de barro en el agregado.

No se explica la causa de esa diferencia existe entre los cementos; sin embargo, se ha comprobado que la adición de cloruro cálcico al hormigón es un medio de corrección del retraso del endurecimiento del endurecimiento al emplear agregados fangosos. No se puede afirmar taxativamente si la eficacia de este remedio procede de una alteración sufrida por el barro del agregado, tal como la destrucción de las formaciones coloides, o si es debida al efecto del cloruro cálcico sobre el cemento. En un folleto* publicado recientemente por la Estación de investigación sobre construcciones, Inglaterra, se demuestra, sin embargo, revisando cuanto se ha escrito acerca de la acción del cloruro cálcico sobre el hormigón, que los efectos sobre el tiempo de fraguado y sobre sus resistencias varían según las distintas marcas de cemento, según se ensayen en forma de pasta pura o en forma de mortero de arena normal. De ahí parece deducirse que el diferente modo de conducirse es inherente a los cementos.

Otra diferencia entre los cementos, no revelada por los ensayos normales,

* Informe especial No. 14 de investigación sobre construcciones. Publicado por H.M. Stationery Office, Londres. Precio 9 peniques.

es la que acusan los cementos, según se fabriquen en horno rotatorio o en horno vertical. Los que intervinieron en la venta de cementos durante los primeros años de este siglo recordarán las dificultades originadas por las tentativas para substituir el cemento de horno vertical por el de horno rotatorio. Fué fácil demostrar que los cementos rotatorios eran superiores en resistencia, estabilidad de volumen y pureza, pero estas cualidades no compensaban, para determinados consumidores, ciertas cualidades del cemento de hornos verticales que no podían ser definidas por los ensayos. Hay aún hoy día algunos constructores de pavimentos de hormigón y yeseros que afirman que los cementos de hace veinte o treinta años eran más adecuados para sus trabajos que los cementos de alta calidad de hoy día. La preferencia puede tener alguna relación con la finura de molturación, pero es más probable sea debida a la rapidez y grado de consistencia del mortero de cemento, que permite que, el acabado o pulimentado del pavimento o del enyesado se haga dentro de una misma jornada, y en forma bien satisfactoria. Indudablemente dichas diferencias existen, pero sus causas no son claras, en lo cual tenemos un nuevo tema de estudio.

El folleto de la Estación de investigación sobre construcciones arriba mencionado, es, ante todo, un resumen de cuanto se ha escrito sobre el uso del cloruro de calcio o de sodio, como protección de los morteros y hormigones contra las heladas. Como puede esperarse de una recopilación de bibliografía mundial, no hay unanimidad de opinión. Pero la información sobre el efecto de las adiciones de cloruro de calcio sobre la resistencia de los morteros u hormigones es muy interesante, a causa de los esfuerzos realizados en los Estados Unidos para persuadir a los consumidores de hormigón que por este medio puede obtenerse un hormigón de endurecimiento rápido, en lugar de recurrir al método más ortodoxo empleado en Europa, de utilizar cemento Portland de endurecimiento rápido. La tendencia más reciente en los Estados Unidos, sin embargo, parece ser hacia el empleo de cementos de endurecimiento rápido, conformándose, así, a la prática casi mundial de los fabricantes de cemento, de resistirse a recomendar para la producción de hormigón ninguna otra substancia fuera del cemento y los agregados.

El folleto ha sido publicado con objeto de resumir lo escrito sobre el asunto de su título, y suministrar así una contestación a los consultantes. No pueden considerarse los resultados de trabajos de investigadores tan bien conocidos, tales como Abrams, Graf y Platzmann, como una recomendación del empleo del cloruro cálcico como un " mejorador " de hormigones, porque se tropieza con varias incertidumbres, entre las cuales está el peligro de la presencia de impurezas, por ejemplo, cloruro de cal (polvos de gas), en el cloruro cálcico; la tendencia a la corrosión de la armadura, a no ser que el hormigón sea muy compacto; y la distinta manera de conducirse con diferentes marcas de cemento. Aunque existen pruebas de que el cloruro cálcico aumenta la resistencia del hormigón en muchos casos, la incertidumbre sobre su acción es tal, que si se debe evitar el peligro de un fracaso, es preciso hacer una serie completa de ensayos con los materiales que deban emplearse en las condiciones que probablemente concurrirán en la obra, antes de poder definir las condiciones de seguridad que se obtendrán con la adición del cloruro cálcico. Algunas de las ventajas relacionadas con el cloruro cálcico se atribuyen a su índole higroscópica, que hace que el hormigón que lo contiene retenga la humedad, disminuyendo así las tensiones de contracción que reducen la resistencia. Esta parte del beneficio del cloruro cálcico se obtendría, generalmente, en forma más económica, por la curación en ambiente húmedo. El folleto trata también del efecto de la sal común (cloruro sódico) como adición al hormigón, llegando a la conclusión de que tal agregación no es recomendable.

La fábrica de cemento más reciente de los Estados Unidos.

La última fábrica de cemento terminada en los Estados Unidos es la de la Republic Portland Cement Company, de San Antonio, Texas. Esta fábrica se empezó en otoño de 1928, y se terminó y empezó a trabajar en Agosto de 1929; siendo un magnífico ejemplo de la práctica contemporánea de construcción y equipo de fábricas de cemento en los Estados Unidos. La casa Richard K. Meade & Company, de Baltimore, Md., (ingenieros especialistas en cemento) proyectó e inspeccionó la construcción de la fábrica.

La fábrica fué proyectada para una producción de 3,500 barriles de cemento por día (602 toneladas, por tener el barril americano 172 kilos), y ha llegado a producir más de 4,000 barriles por día (700 t.). Está situada a unos 8 kms. al norte de San Antonio. La piedra de yeso se obtiene de la Compañía Yesera de los Estados Unidos, siendo transportado desde las minas, situadas en Falfurias, Texas, a 320 kms. de distancia. El agua se obtiene de pozos profundos situados en la propiedad misma.

La fig. 1 (véase pág. 541) es una vista de la fábrica desde el oeste, y la fig. 2 (véase pág. 543) es un plano del terreno, que reproduce la situación de los distintos locales, canteras, etc. La construcción es de carácter permanente y sólido. El hormigón armado se ha empleado, no solamente para la construcción de los edificios, sino también para los silos de los molinos y las vías de rodadura de las grúas, habiéndose prestado cuidadosa atención a las características arquitectónicas. Excepto la sala de hornos, todos los locales son de hormigón armado, con paneles de ladrillo de cemento, recubiertos de estuco de un color amarillento. La sala de hornos es de estructura de acero, con los lados casi enteramente abiertos, los tejados son de pizarra artificial ondulada.

Primeras materias y cantera.—Los terrenos de la propiedad abarcan unas 200 hectáreas. Las primeras materias consisten en una greda arcillosa, de carácter variable, desde una consistencia terrosa hasta un material compacto. De vez en cuando se encuentran lechos o lajas de caliza dura, pero generalmente el material es blando y de molturación relativamente fácil. El manto terroso encima de la greda es ligero, de un promedio de unos 60 a 90 cms. sobre la mayor parte del terreno. Desde el punto de vista geológico, el material pertenece a la greda de Austin, que es una de las formaciones inferiores de la Serie del Golfo, del período cretácico superior. La San Antonio Portland Cement Co., que también tiene una fábrica en San Antonio, emplea un material similar. La composición química de las primeras materias es la siguiente:

	Caliza	Caliza arcillosa	Arcilla calcárea.
	%	%	%
Sílice	8.25	15.96	34.20
Alúmina	3.06	4.67	9.48
Óxido de hierro	1.76	2.13	3.25
Carbonato cálcico	84.88	75.07	50.15
Carbonato magnésico	1.28	1.78	1.15

El material no se halla en forma de capas o lechos bien definidos, sino que va gradualmente desde los límites de la caliza casi pura hasta la arcilla calcárea de la índole arriba indicada. Parte del terreno de la propiedad está formado por material alto en cal; parte, de material bajo en cal; y parte de greda o marga; la composición de ésta es aproximadamente la conveniente para la cocción, y en la actualidad la actividad en las canteras está confinada casi enteramente a esta

sección. La pala trabaja de manera que el material obtenido, mediante la debida corrección de la pasta, produzca una mezcla adecuada para la cocción.

La cantera está actualmente situada al nordeste de la fábrica, consistiendo en una estrecha cortadura siguiendo un barranco, por cuyo fondo corrió en un tiempo un torrente. Éste fué desviado, y la cantera se ha abierto en su cauce. El frente actual tiene unos 6 m. por unos 150 m. En un extremo, la marga es rica en cal, mientras que en el otro es arcillosa, y trabajando a un tiempo en ambos extremos se obtiene una mezcla satisfactoria. El frente de cantera se está extendiendo hacia el este, en dirección de la parte alta del terreno, de modo que acabará por tener una altura de unos 12 a 15 m. Se proyecta mantener el piso a una elevación tal que la cantera sea de drenaje automático. En el momento presente no hay casi impurezas, y la piedra es suficientemente rica en cal para poder mezclar con ella el manto de tierras que la cubre. Se calcula que el yacimiento de greda es casi inextinguible; los sondeos realizados prueban que hay material cuando menos para 100 años.

La piedra requiere pocos barrenos. Los que hay que perforar se realizan mediante una perforadora Keystone "Joplin-Special," equipada con un motor de gasolina y ruedas de oruga. También hay una perforadora montada en un vagón Ingersoll-Rand, que ha resultado muy útil con este material.

La marga se carga mediante una pala eléctrica Marion, montada sobre ruedas de oruga, cuchara de 1.5 m^3 y control Ward-Leonard. Esta pala funciona con corriente alterna. El equipo eléctrico consiste en un motor de caja de ardilla de 85 C.V., conectado directamente con tres generadores de corriente continua de 50, 15 y 15 k.w., respectivamente. Estos tres generadores hacen funcionar, respectivamente, los motores del mecanismo elevador (60 C.V.), del de giro (23 C.V.) y del de arrastre (23 C.V.). La pala va equipada también con un grupo motor-generador de 5.5 k.w., para la excitación, etc. La greda se carga en vagones volquetes laterales de 8 toneladas, fabricados por la Easton Car Company. Éstos son remolcados la corta distancia que los separa de la fábrica por una locomotora Plymouth de bencina, de 10 toneladas, que arrastra 6 vagones en las rampas allí existentes, del 0.8%.

La fig. 3 (véase pág. 544) reproduce la pala, locomotora y los vagones, y da una idea de la cantera en su estado actual. Las perforadoras Keystone e Ingersoll-Rand sobre vagón, se perciben más lejos. La pequeña pala reproducida en el grabado no forma parte del equipo regular de la fábrica, sino que se empleó para empezar a abrir la cantera.

Instalación trituradora.—La fig. 1 (véase pág. 541) es una vista de la fábrica desde el oeste. En primer término se ve la instalación de trituración. La fig. 2 (véase pág. 543) es un dibujo en planta. El tren de seis vagones es empujado a través de la sala de trituradoras, hasta que, el último vagón quede más allá de la tolva de la trituradora; luego se colocan los vagones en posición por medio de un arrastrador automático de vagones, situado en el centro de la vía. Éste consiste en una cadena, a la que se han fijado dos ganchos; la cadena trabaja sobre una guía sujeta a las traviesas. Cuando esta cadena funciona, el ramal superior se mueve en dirección a la trituradora. Los ganchos se cogen a un travesaño en el fondo del vagón, y este último es arrastrado, así, hasta quedar frente a la tolva de la trituradora, en cuyo momento la cadena se para. Los vagones, entonces, se vuelcan por la acción de un elevador Shepherd y de un brazo articulado con gancho, que se enlaza con una barra situada en la parte de atrás del vagón (fig. 4, véase pág. 544). Cuando los vagones están vacíos, son arrastrados por la cadena hasta la parte superior de una pendiente, al llegar a cuyo punto quedan sueltos, y corren por la acción de su peso hasta un desvío colector. La greda es volcada desde los vagones en una tolva provista de un

alimentador de bandejas de 1.08 m., Stephens-Adamson. Este aparato alimenta automáticamente la trituradora.

El material se reduce fácilmente hasta el tamaño adecuado para la alimentación de los molinos en una sola operación, realizada por un molino Dixie " Mogul " de martillos, equipado con placas trituradoras movibles. Éstas, cuando están mojadas, impiden que el material se pegue a la trituradora. Se eligió esta trituradora por razón de su placa movible, que viene a surtir el efecto de un sólido transportador de bandejas. Los eslabones de articulación de las placas son muy sólidos, de acero al manganeso, y las placas se mueven lentamente hacia arriba, independientemente del árbol de martillos, bajo la acción de un pequeño motor de 5 C.V. La trituradora va accionada por un motor de 250 C.V.; el elevador de vagones, por un motor de 17 C.V.; y el alimentador de bandejas por un motor de velocidad variable de 15 C.V., mediante un reductor de engranaje James. El volcador de vagones, tractor de los mismos, las placas trituradoras, el alimentador de bandejas y la trituradora funcionan por medio de controls dispuestos de la manera que reproduce la Fig. 4 (véase pág. 544). La alimentación de la trituradora se vigila por medio de un amperímetro situado en el motor de la trituradora, que indica la sobrecarga, a cuya aparición el alimentador de bandejas debe ser parado o reducida su velocidad. Los vagones pueden también volcarse gradualmente y mantenerse en cualquier posición, como indica la Fig. 4 (véase pág. 544). Un hombre puede vigilar toda la maquinaria de la sala de trituradoras. Este sistema de control central fué proyectado por los ingenieros Richard K. Meade & Co. Hay una grúa de cabina de 10 toneladas, accionada a mano, que puede utilizarse en cualquier punto del local, para realizar las reparaciones necesarias en la trituradora. La vía de rodadura de la grúa puede verse en la pared izquierda del edificio, y en la planta baja se halla una serie de tres transformadores de 50 kVA (2,300/440 V), para la sala de trituradoras.

Almacenaje.—La piedra machacada se transporta desde el edificio de las trituradoras, bien al almacén, bien al local de molinos, mediante un transportador de correa, dispuesto en forma acanalada, de 80 cms. y de unos 120 m. aproximadamente entre las poleas extremas, que salva un desnivel de unos 22 m., con una pendiente de unos 16°. La correa tiene una capacidad de 250 t. por hora, con apoyos del tipo de tres rodillos y lubricación " alemite." Va accionada por un motor de caja de ardilla de 40 C.V., mediante un reductor de engranaje. La correa está provista de un volcador, impulsado automáticamente, que puede depositar la marga, bien en el almacén, bien en cualquiera de los silos de los molinos de crudo. El almacén está situado entre el molino y los enfriadores, en la forma reproducida en las Fig. 1 y 2 (véase págs. 541 y 543). Este almacén tiene 21.5 m. por 73 m. y 18.75 m. desde el suelo hasta el carril de la grúa. Éste descansa en una vía de hormigón armado, y sobre él corre la grúa movible. Esta última ha sido construída por Pawling y Harnischfeger, y tiene una luz de 21.50 m., una capacidad de 7.5 toneladas, y va equipada con una cuchara prensora Williams de 2.7 m^3. La Fig. 5 (véase pág. 546) es una vista de conjunto del almacén, silos de los molinos y grúa.

El depósito está dividido en dos partes, destinadas al clinker y a la marga, respectivamente, por un tabique divisorio que puede verse en el grabado. Los silos que se ven debajo de la cuchara son los situados encima de los molinos; la cabina del operador de la grúa se halla en el extremo izquierdo de la viga de la grúa. El transportador de correa se halla detrás del carril de la grua, a la derecha. La grúa puede llevar el material directamente desde el depósito a los silos, o cambiar el material de sitio en el mismo depósito. Éste puede contener material crudo para el suministro de doce días, y el clinker

producido en un mes. También hay un silo grande de hormigón para la piedra de yeso.

El uso del hormigón armado para la vía de rodadura de la grúa ha sido realizable gracias a la buena base suministrada por el suelo sobre el que se ha construído la fábrica. El almacén no tiene paredes lateral es de hormigón, sino que detrás de las columnas se ha puesto uno defensa de tierra, a fin de suministrar un muro de contención con el talud necesario.

Edificio de molinos.—El molino de crudo y el de clinker se hallan en el mismo edificio (a la izquierda del almacén en la Fig. 1, véase pág. 541). La molturación se realiza por cuatro molinos " Compeb " Allis-Chalmers. Son de tres compartimientos, teniendo el primero un diámetro de 2.40 m., y estando cargado con bolas de acero y recibiendo el material tal como sale de la trituradora Dixie; los otros compartimientos tienen un diámetro de 2.10 m., y van cargados de " concavex," elementos de molturación explotados por la Allis-Chalmers Co., que consisten en bolas, aplanadas unas, y excavadas otras, de 31 y 21 mm., respectivamente, en los compartimientos segundo y tercero. La longitud de todo el molino es de 12 m. El primer compartimiento tiene un tamiz exterior, por el que sale el material molido en dicho primer compartimiento. Una cuchara recoge el material molido, introduciéndolo en el segundo compartimiento. Cada molino va accionado por un motor General Electric super-sincrónico, de 800 C.V., 180 r.p.m. Éstos van conectados directamente con el árbol del piñón del molino, no requiriéndose embrague magnético entre el motor y el molino. (La fig. 6, véase pág. 546, reproduce los molinos y motores).

La alimentación de los molinos se realiza por medio de dos alimentadores de mesa para cada molino de crudo. Dos de los silos que alimentan los dos alimentadores de mesa exteriores de cada molino, están destinados a la marga alta en cal, y un tercer silo situado entre estos otros dos, está destinado a contener material bajo en cal, que va de este último silo a los dos alimentadores de mesa interiores. La dosificación de los dos materiales queda regulada por los alimentadores de mesa. De un modo similar, los molinos de clinker tienen tres silos, de los cuales el central se emplea para la piedra de yeso y los dos exteriores para el clinker. Como los molinos de crudo, cada molino de clinker tiene dos alimentadores. Los dos alimentadores exteriores se emplean para el clinker, y los dos interiores, que son más pequeños, para la piedra de yeso. Los dos alimentadores de los molinos del crudo van accionados, cada uno, por un motor de 5 C.V., corriente continua y velocidad variable. A cada uno de estos motores va conectado un pequeño generador, que indica, en el cuadro, las revoluciones, por minuto que da la mesa de alimentación. Los alimentadores de piedra de yeso y de clinker van enlazados por engranajes, y cada juego de dos alimentadores va accionado por un motor de 5 C.V., corriente continua y velocidad variable. La alimentación de los molinos puede regularse por medio de la velocidad del motor, bien ajustando los rascadores situados sobre la mesa, bien alzando o bajando el tubo de descarga de los silos.

Los molinos se ventilan a través de un sistema captador de polvo, instalado por la Northern Blower Company. Tiene una capacidad de unos 100 m^3 de aire, que pasan por cada uno de los dos ventiladores, que están accionados por motores de caja de ardilla de 20 C.V. El objeto del sistema es, en parte, la captación del polvo, pero también proporciona ventilación a los molinos, permitiendo que por ellos pase una fuerte corriente de aire, de modo que la temperatura resultante sea la adecuada para una molturación eficaz.

Equipo manipulador de la pasta.—La pasta, después de molida, cae directamente, desde los tamices situados al extremo del molino, en un depósito receptor. Este depósito va provisto de un agitador horizontal de cinta, accionado por un motor de caja de ardilla de 7,5 C.V. La pasta se impele con una bomba desde

este depósito hasta los silos de corrección; la bomba puede ser, bien una Wilfley para arena, o una batería de dos bombas de la misma índole, de 10 cm., accionadas por motores de 75 C.V. y 1,200 r.p.m. Estas bombas para arena son las hoy día usadas casi exclusivamente en América para la manipulación de la pasta. Después de comparar el sistema con el de elevación por aire, que se ha ensayado en distintas fábricas norte americanas, los ingenieros de los Estados Unidos prefieren la bomba para arena, como sistema más eficaz, porque requiere menos atención y reparaciones que la elevación por aire. La fig. 7 (véase pág. 548) reproduce el depósito receptor, las bombas y motores del molino de crudo.

Hay seis tanques de corrección, hechos de hormigón armado, de un diámetro de 6 m. por 9 m. de altura. Cada tanque está provisto de un agitador Meade, que consiste en un eje vertical, hueco en sus 180 cms. superiores, teniendo un cojinete de caucho duro. Cada eje va provisto de cinco brazos o paletas horizontales. El eje hueco conduce aire a un sistema de tuberías que se extiende hacia abajo, sostenido por los brazos del agitador. El contenido del silo es agitado por las paletas de los brazos, y también por las burbujas de aire que salen desde los extremos de los tubos. Los tubos están dispuestos de tal manera que describen círculos diferentes a medida que van girando, de forma que quedan agitados todos los puntos del tanque. Un carril de acero, que pende de un trozo de cadena hasta pocos centímetros de distancia del fondo, mantiene este último libre de material. La fig. 8 (véase pág. 549) reproduce el mecanismo accionador de los agitadores y también las tuberías de pasta y sus válvulas.

Hay cuatro depósitos de alimentación del horno, de un diámetro de 7.20 m. por 9 m. de altura, equipados con agitadores Meade. Se obtiene una composición correcta de la pasta mezclando dos o más tanques de corrección, conjuntamente, en los silos de alimentación del horno. Cuando un depósito de alimentación de un horno está lleno, se le inyecta aire en buena cantidad, para agitarlo bien. Después de haberse efectuado la mezcla, se reduce la dosis de aire, hasta que solamente unas burbujas, que aparezcan de vez en cuando, demuestren que continúa circulando por las tuberías.

Las bombas Wilfley no transportan la pasta bajo una altura de carga de 9 m.; por consiguinte, es preciso hacer pasar la pasta que viene de los tanques a un depósito, y desde éste, a las bombas. Hay un depósito para los tanques de alimentación del horno, y uno para los tanques de corrección, y estos depósitos van también provistos de agitadores de cinta. Para el depósito de alimentación del horno, se usan dos bombas Wilfley de 10 cms., y dos bombas de 15 cms. para el depósito situado a continuación de los tanques de corrección, a fin de acelerar el transporte. Una bomba funciona, mientras la otra se mantiene de reserva, para cada depósito. Las tuberías de pasta están conectadas entre sí de tal modo, que la pasta puede mandarse desde cualquier depósito hasta cualquiera otro que se desee. Todas las tuberías de pasta van equipadas con válvulas Merco-Nordstrom. Estas son válvulas rectilíneas, lubricadas, que se usan generalmente en todas las tuberías de pasta de los Estados Unidos.

Hornos y enfriadores.—Hay dos hornos, de un diámetro de 3.35 m. por 76 m. de largo, con cuatro soportes. Tienen una capacidad calculada en 300 toneladas cada uno, pero se espera que puedan producir cuando menos 340 toneladas cada uno. Los hornos, con los depósitos de pasta en primer término, están reproducidos en la fig. 9 (véase pág. 549). Cada horno va alimentado por lo que se conoce con el nombre de un "Ferris wheel," que consiste en un disco, al cual se han sujetado cangilones elevadores ordinarios, que se sumergen en una caja de pasta, y la descargan en el alimentador del horno. Los hornos están revestidos en la zona de clinkerización con ladrillos aluminosos, y en el resto de su longitud con ladrillos de arcilla refractaria. Las cámaras de las chimeneas son de hormigón armado, aislado con ladrillos aislantes del calor entre el hormigón y el

revestimiento de ladrillo. Los hornos se calientan por medio de gas natural, que entra en la fábrica a una presión de 14 kgs. per cm^2, la cual se reduce a 26 g. por cm^2 en los mecheros, pasando por tres etapas, de 14 kgs. a 3.5 kgs.; de 3.5 kgs. a 850 g.; y de 850 g. a 26 g. por cm^2, respectivamente. Los reductores para las dos primeras etapas están situados, junto con los contadores, en dos casetas a unos 60 m. a un lado de la sala de hornos; el reductor para la tercera etapa se halla situado en la misma sala de hornos. Cada horno está equipado con dos mecheros de gas, Kirkwood, de 60 cms., suspendidos de una vagoneta, y conectados, tanto con las tuberías de aire como con las de gas, por tubos flexibles. Para el tubo de aire se emplea cuero lavado, y para el gas, tubo de goma de 10 cms. Estos tubos flexibles permiten inclinar los mecheros al ángulo más conveniente con la línea central del horno (fig. 10, véase pág. 550). En la chimenea de cada horno se han colocado pirómetros Leeds & Northrop e indicadores de tiro. El aire para los mecheros se suministra mediante un ventilador Buffalo de 2,30 m.

Los hornos son accionados por motores de corriente continua y velocidad variable, de 75 C.V., y los alimentadores de rueda " Ferris " por motores de corriente continua y velocidad variable, de 5 C.V. Los motores de los alimentadores y hornos están enclavados entre sí de modo que, cuando para el horno, también se para el alimentador. El ventilador Buffalo es accionado por un motor de caja de ardilla de 100 C.V., 900 r.p.m.

También se ha instalado un equipo auxiliar para quemar petróleo, en caso de que en algún momento resultase inadecuado el suministro de gas. Dicho equipo auxiliar consiste en mecheros de petróleo, proyectados por Meade, y en las bombas usuales para su alimentación. El aire se suministra a una presión de 140 g. por cm^2, por medio de un grupo de turbo-compresor y motor General-Electric. Los mecheros de petróleo van montados en las aberturas de la caperuza usada para los de gas, después de haber desenchufado estos últimos.

Cada horno tiene una chimenea de hormigón armado, de 2.70 m. de diámetro por 60 m. de altura, conectada con el horno por un conducto de acero, con forro de ladrillos. Las chimeneas van provistas de registros de corredera, para control del tiro. En el momento presente, la energía se adquiere del exterior, pero se ha previsto la instalación de calderas de aprovichamiento de calor. Si éstas fuesen necesarias, las mismas chimeneas podrían utilizarse, desmontando el actual conducto de humos intermedio de acero, y realizando la conexión de otra manera.

Cada horno tiene un enfriador rotatorio de 3 m. de diámetro por 30 m. de largo, accionado por un motor de 50 C.V., 900 r.p.m. Los enfriadores descargan directamente en un pozo de clinker, situado en el depósito principal, pozo que puede contener la producción de clinker de 12 horas. El clinker se traslada desde este pozo, bien a los silos de los molinos, bien al punto que más convenga del depósito, por medio de una grúa con una cuchara.

Depósitos y edificio de envasado.—El depósito consta de 14 grandes silos, dos silos pequeños, y uno intermedio. Los silos grandes tienen un diámetro interior de 7.20 m. y los pequeños de 4.50 m. El silo intermedio tiene aproximadamente 4.50 m. por 40.50 m. La capacidad total de todo el almacén es de 26000 toneladas. La fig. 2 (véase pág. 543) muestra la disposición de estos silos. A través de ellos corren tres túneles, y todos los silos están provistos de fondos de vaciado automático Meade. Para llevar el cemento desde los silos a los elevadores que lo transportan a los silos situados encima de las envasadoras, se emplean transportadores de tornillo (uno por cada túnel). Hay dos de dichos elevadores, uno de los cuales es de reserva para cuando no funciona el otro. El edificio de envasado y los silos se ven en la fig. 11 (véase pág. 551).

El edificio de envasado está equipado con cuatro ensacadoras Bates de cuatro

tubos, habiéndose arreglado el conjunto para poder efectuar la carga en camiones o en vagones. Un transportador de correa lleva los sacos llenos desde las ensacadoras hasta los vagones del ferrocarril. Los sacos devueltos se reciben en una plataforma y vía especiales. Se suben por medio de un montacargas de plataforma (suministrado por la Otis Elevator Company) hasta el tercer piso del edificio de envasado, donde se abren los fardos y se llevan los sacos al limpiador. El limpiador de sacos es de tipo continuo, entrando los sacos por un extremo y saliendo por el otro. Es, sencillamente, un tamiz inclinado de tela metálica, gruesa, por el cual pasan los sacos. El tamiz está provisto de volcadores que levantan los sacos y los dejan caer. Una corriente de aire, que se descarga en un colector de polvo, pasa a través del tamiz, arrastrando el polvo y dejando limpios los sacos. Estos últimos caen sobre una correa que se mueve lentamente, y se seleccionan a mano. Un sistema de transportadores de tornillo arrastra el polvo del limpiador, de los colectores de polvo, y el que se desprende de las embaladoras, etc. La rueda de limpieza de sacos ha sido fabricada por la Monarch Bag Company, y el sistema de captación de polvo ha sido suministrado por la Northern Blower Company.

Equipo eléctrico.—La energía se recibe a 13,200 voltios, en forma de corriente trifásica, de 60 períodos, transformándose primero a 2,300 voltios, por medio de tres transformadores exteriores de 3,750 KVA, y distribuyéndose a dicho voltaje por los distintos departamentos de la fábrica. Todos los motores grandes (de más de 100 C.V.) son de 2,200 voltios; y los motores pequeños, de 440 voltios. Grupos de tres transformadores, colocados en distintos puntos de la fábrica, reducen el voltaje para los motores más pequeños. Los motores de velocidad variable son todos de corriente continua. Para el alumbrado hay tres convertidores de 37.5 KVA, con batería de acumuladores y conectador automático. Hay dos grupos de motor-generador, para suministrar corriente continua para la excitación, para los motores del horno, etc. Hay de 75 a 80 motores en la fabrica, representando un conjunto de 6,600 C.V. El consumo actual representa unos 105 kilowatios-hora por tonelada de cemento.

El cuadro de aparatos está situado detrás de la sala de molinos (fig. 12, véase pág. 553). Tiene 14.70 m. de longitud, con paneles para las distintas secciones. Los motores sincrónicos se ponen en marcha desde este cuadro. Los interruptores de aceite, desconectador general, compensadores y transformadores, están en la parte baja.

A fin de reducir al mínimo las puntas de carga, el cuadro está provisto de un limitador Edmoore de demanda, dispuesto de manera que, cuando la demanda crece hasta cierto punto, los compresores van siendo desconectados uno a uno. Si ésto no reduce la carga por debajo de la punta deseada, se desconecta uno de los molinos de crudo, y en último término, el otro.

Casi todas las fábricas norte-americanas de cemento de hoy día emplean motores sincrónicos para el accionamiento de los molinos tubulares. El tipo General-Electric de motor supersincrónico, que se usa en esta fábrica, tiene un stator que gira al arrancar y está en fase con el rotor parado. El stator está provisto de un freno de cinta, colocado a su alrededor. Al aplicar este freno a la armadura del stator, todo el par de frenado se aplica para poner el rotor y el molino en marcha, mientras que el stator va disminuyendo su velocidad hasta pararse. Estos motores se ponen en marcha desde el cuadro principal. (Los molinos " Compeb " y los motores sincrónicos se ven la fig. 6, (véase pág. 546). Una grúa-puente de 5 toneladas, accionada a mano, está situada encima de los motores, etc., como indica la fig. 12 (véase pág. 553).

Los hornos, enfriadores y maquinaria de molturación, fueron servidos por la Allis-Chalmers Mfg. Co., de Milwaukee, Wis., E.U. América, y casi todo el equipo eléctrico por la General Electric Co.

Calderas de aprovechamiento de calor.

por A. C. DAVIS.

(DIRECTOR GERENTE DE FÁBRICAS DE LA ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LIMITED).

La caldera de aprovechamiento de calor, en su aplicación a las fábricas de cemento, ha sido adoptada principalmente en los Estados Unidos de América, por emplearse allí más generalmente la vía seca, con su mayor cantidad de calor disponible en los gases del horno. Existen también instalaciones de esta índole en las fábricas por vía seca del Continente europeo.

La primera instalación de que se tiene noticia se realizó en 1902 en la fábrica de la Cayuga Lake Cement Company, pero esta instalación y varias otras de las primeras carecieron de éxito, a causa de las dificultades originadas por el polvo y la ausencia de ventiladores para suministrar el tiro adicional requerido. Parece que en 1915 se realizaron tres instalaciones con éxito, y en 1921 las calderas de aprovechamiento de calor empezaron a ser consideradas en los Estados Unidos como parte casi integrante de todo equipo de fábrica de cemento por la vía seca.

Los gases de un horno de vía seca rara vez salen a una temperatura inferior a 650° C, y en estas circunstancias el calor perdido es suficiente (o por lo menos lo era pocos años ha) para suministrar en muchos casos toda la fuerza requerida para la fabricación. Esta circunstancia depende de que las primeras materias no sean excesivamente duras y contengan muy poca humedad, de modo que el calor requerido para la desecación sea en cantidad moderada. En algunos casos, esta desecación puede hacerse con los gases de escape, después que han atravesado las calderas. En las condiciones de las instalaciones modernas no ocurre tan favorablemente, en primer lugar, a causa del empleo de hornos más largos, que dan un consumo de carbón inferior, y también por la necesidad de una molturación más fina, que requiere un consumo de energía mucho mayor.

Hay en los Estados Unidos de América varias fábricas relativamente modernas que trabajan por la vía húmeda, en las que las calderas de aprovechamiento de calor deben suministrar todo el vapor necesario, con turbo-generadores de alto rendimiento, y transmisión eléctrica de la energía por toda la fábrica, pero es muy de dudar que se obtenga dicho resultado sin consumir en el horno mayor cantidad de carbón de la necesaria para la producción de clinker según los métodos modernos más perfeccionados.

Todas las instalaciones para el aprovechamiento del calor perdido requieren un cuidado especial en el estudio y explotación de la fábrica, a causa de depender la producción de vapor enteramente del funcionamiento de los hornos. Es necesario disponer la instalación de modo que la carga sea regular, y de modo que los paros de los hornos (los menos posible, naturalmente) no impidan el mantenimiento de la máxima producción en las demás secciones. Generalmente, es conveniente tener una caldera con hogar de carbón, produciendo vapor al mismo tiempo, a fin de equilibrar la carga y llevar a cabo las operaciones esenciales durante los paros de los hornos.

Se ha discutido mucho sobre si es mejor el sistema unitario (un horno, una caldera) o el de un conducto que sirva de colector de todos los gases procedentes de los hornos y de distribuidor a las calderas. Esta última disposición, suministra, indudablemente, una flexibilidad mayor, pero es inevitable alguna pérdida adicional de calor, y en muchos casos el coste de los conductos y

conexiones necesarios y registros resulta ser excesivo con relación al de las calderas propiamente dichas. Estos conductos requireren un estudio cuidadoso, a fin de dar paso en forma adecuada a los gases calientes, y al mismo tiempo, reducir al mínimo las pérdidas de calor por las paredes del conducto. En la mayoría de las fábricas hay una envolvente exterior de acero, con una capa de ladrillos aislantes entre la misma y el forro de ladrillos refractarios.

En una fábrica visitada en 1921 se afirmaba que la pérdida de temperatura entre los hornos y las calderas era solamente de 11° C. En esta instalación, el conducto conectador, que era común para todos los hornos, estaba muy bien estudiado, y la pérdida de calor parecía ser extraordinariamente pequeña, resultado obtenible solamente con un estudio y construcción muy escrupulosos.

Cuando se adopta el sistema unitario, es deseable un conducto suplementario para mantener la continuidad del funcionamiento del horno, caso de tener que cerrarse la caldera. La omisión de este conducto suplementario ha causado en algunos casos molestias considerables; en cambio, cuando se dispone del mismo, el sistema unitario tiene muchas características que le recomiendan, a causa de su sencillez y consiguiente menor inversión de capital en la instalación, como también un mayor rendimiento, debido a la menor pérdida de calor en los conductos de enlace.

En los primeros tiempos de la caldera de aprovechamiento de calor parece que hubo tendencia a quemar una cantidad excesiva de carbón en el horno, para aumentar la producción de vapor. Hubo época en que se llegó, inclusive, en algunas fábricas, a regular el suministro de aire a los hornos, de modo que produjera hasta un 5% de protóxido de carbono en los gases. Con los hornos por vía seca, la temperatura en el extremo posterior era lo suficientemente alta para producir la combustión del protóxido de carbono cuando se admitía una cantidad adicional de aire entre el horno y la caldera, elevando además, de esta manera, la temperatura de los gases en dicho punto. En algunos casos, estas prácticas resultaron probablemente necesarias, por emplearse todavía en ellos una instalación anticuada de generación de energía; pero al ser substituídas dichas instalaciones por turbinas modernas con menor consumo de vapor, se hicieron innecesarias.

El uso de una cantidad excesiva de carbón en el horno, a fin de producir vapor, es, naturalmente, desorientador por lo que respecta al consumo de carbón para la cocción solamente, pero no se sigue de ello necesariamente que esta práctica sea realmente derrochadora. Si el suministro de carbón alimentado en el horno se redujera, el vapor perdido de esta manera tendría que producirse en calderas con hogares separados. Ahora bien, se ha visto que en el horno rotatorio la combustión del carbón tiene lugar en las mejores condiciones, permitiendo al operador evitar la producción de protóxido de carbono, y usando al propio tiempo una mínima cantidad de aire. Una caldera ordinaria no se encuentra en condiciones tan favorables en este respecto. La combinación del horno rotatorio y caldera de aprovechamiento de calor podría, por lo tanto, considerarse que suministra las condiciones ideales para la combustión, con calderas situadas lejos del hogar y sujetas, por consiguiente, al mínimo deterioro posible. Cada caso tiene sus ventajas, y cuando se tiene en cuenta la cantidad total de combustible consumido, tanto para la cocción como para la producción de energía, se pueden presentar casos en que la combinación resulte conveniente, aun cuando se consuma en el horno una cantidad de carbón superior a la necesaria para la producción del clinker exclusivamente.

La cuestión del polvo requiere consideración especial; se suelen disponer chorros de vapor para separar el polvo de la superficie de calefacción, por lo

menos una vez al día. En algunos casos, se montaron primitivamente chorros fijos, pero dieron por resultado que, por chocar en determinados puntos, producían un desgaste localizado. Son más satisfactorias las lanzas o mangueras portátiles, y si para ellas se disponen las aberturas adecuadas, y se emplean las lanzas razonadamente, no habrá que temer ninguna dificultad por la presencia del polvo.

En Inglaterra, la caldera de aprovechamiento de calor no ha tenido una adopción muy extensa, por muchas razones. La principal de ellas, sin duda, es el uso casi universal de la vía húmeda para la fabricación, la cual, a su vez, ha sido recomendada por la índole blanda y húmeda de las primeras materias comúnmente empleadas. En algunas de las fábricas más antiguas, la disposición de la instalación hubiera hecho muy difícil la aplicación del sistema, y no se podían obtener de él todas las ventajas, sin instalar al mismo tiempo generadores eléctricos y electromotores para el accionamiento de la maquinaria. Tales instalaciones implican una inversión de capital muy elevada, que pudiera no producir un rendimiento adecuado.

Con la temperatura a que se dejaban salir los gases hace algunos años, aún en los hornos por vía húmeda, las calderas de aprovechamiento de calor no constituían una proposición despreciable, cuando las condiciones eran adecuadas; pero se han presentado otros factores. En tanto que en la vía seca, el calor que queda en los gases, después de la disociación del carbonato cálcico, no puede utilizarse para ningún otro proceso, en la vía húmeda no hay límite teórico para la economía de combustible, hasta que la temperatura de los gases no se reduzca al punto de ebullición del agua. La utilización de este calor degradado en el horno, presenta ya dificultades, pero además, en los últimos años se han realizado progresos notables, y actualmente es posible, en muchos casos, reducir la temperatura de los gases en el horno a una cifra tan baja como la que económicamente podría obtenerse en una caldera de aprovechamiento de calor.

En la consideración del coste relativo y ventajas de los dos métodos de utilizar el calor, quedan implicados muchos factores. Sin embargo, la decisión puede provenir de una razón ajena al orden técnico, pero de importancia financiera considerable: la adquisición de energía exterior. Hace muy pocos años, era imposible adquirir la energía a precios comparables al coste real de su producción en fábrica, aún con instalaciones de un rendimiento moderado, pero con la aparición de las centrales de fuerza y la transmisión a larga distancia, tanto el coste de la energía entregada a la fábrica como la seguridad de suministro son tales, que los fabricantes pueden ahorrarse la gran inversión de capital implicada por las instalaciones de fuerza, y el trabajo de tenerlas en marcha.

Las calderas instaladas para la recuperación del calor perdido pueden ser de tubos de agua o de tubos de humo. Las primeras fueron desarrolladas en grande escala en los Estados Unidos por la Edge Moor Co., y también por la Babcock & Wilcox Company. En la fig. 1 (pág. 555) se reproduce una sección de una caldera del tipo acuotubular, por la cual se advertirá que los tubos de la caldera están desviados, para proporcionar cuatro pasos a los gases, asegurando, así, una gran velocidad al pasar contra los tubos. En la fig. 2 (pág. 556) se representa una instalación típica de esta clase de calderas, para aplicación a la vía húmeda, realizada en una fábrica instalada por la Dewey Portland Cement Company, cerca de Davenport, Iowa. En 1926 se instalaron dos hornos, de 3.35 m. por 53.33 m., con una capacidad de 250 t. por día cada uno, instalándose otro en 1929. Cada uno de estos hornos está equipado con

una caldera Edge Moor de 900 C.V., de cuatro pasos, con economizadores, recalentadores y ventiladores. Se afirma que esta instalación suministra toda la energía necesaria para la fabricación, incluso para las palas eléctricas y las trituradoras de piedra. La fig. 2 reproduce las dos primeras calderas; la cámara de polvo puede verse entre el horno y la caldera. En este caso, el economizador queda colocado debajo del cuarto paso. A la derecha se ve un espacio reservado para la tercera caldera, que ha sido instalada posteriormente.

En la fábrica de la Marquette Company en Oglesby hay ocho calderas Edge Moor, de 1,000 C.V., con economizadores, recalentadores y ventiladores, para la producción de vapor por medio de los gases perdidos de los hornos; éstos producen 1,300 t. de cemento por día, habiéndose agregado una nueva instalación, compuesta de dos hornos de 3.35 m. por 61 m., que producen 800 toneladas al día. Los dos últimos hornos fueron equipados con tres calderas Edge Moor de 1,500 C.V., con economizadores, siendo suficientes dos de ellas para utilizar plenamente los gases de escape. Las once calderas de aprovechamiento de calor de estas dos fábricas, combinadas, se dice que son la única fuente disponible de vapor, para una instalación generadora que suministra toda la energía necesaria para la sección de minería y otras, así como para la fabricación propiamente dicha. La fig. 3 (pág. 557) reproduce la disposición de estas calderas, con las puertas abiertas, dando acceso a las tapas de los tubos, y la fig. 4 (pág. 558) reproduce los economizadores y ventiladores.

Para pequeñas instalaciones, la caldera de tubos de humo presenta algunas ventajas sobre le de tubos de agua, siendo la principal de ellas su coste notablemente más reducido, a causa del montaje más sencillo y de la ausencia de infiltración de aire alrededor de la superficie de calentamiento de la caldera. En las grandes calderas, sin embargo, se presentan dificultades, a causa del espesor requerido para las cubiertas. La fig. 5 (pág. 559) reproduce una vista seccional de la caldera de tubos de humo instalada en una de las fábricas de la Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., en 1923, combinada con un pequeño horno (entonces en marcha) que producía de $3\frac{1}{2}$ a 4 t. de clinker por hora, con pasta que contenía un 42% de humedad. La sencillez de la disposición es notable, y esta unidad relativamente pequeña resultó satisfactoria y económica. Durante la puesta en marcha, la humedad de los gases de los tubos se condensaba, mezclándose con el polvo, y formando pelotas de barro, pero se evitó esta dificultad llevando el agua de la caldera a una temperatura ligeramente superior a la de ebullición, por medio del vapor procedente de otras calderas, antes de que pasaran por los tubos los gases perdidos. Después de tomar esta precaución, no se tropezó con ninguna otra dificultad producida por el polvo, que era desalojado de los tubos periódicamente por chorros de vapor, arrastrados sobre una tubería oscilante, según reproduce la fig. 5.

Con esta instalación se realizó una complicada serie de ensayos, durante un período de once semanas; con una temperatura media de unos 404° C. para los gases a la entrada del recalentador, el promedio de evaporación fué de 447 kg. de vapor por tonelada de clinker, a una presión de 9.14 kg. por cm^2, y a una temperatura de 251° C.

Lowford H. Fry investigó detalladamente las leyes de la transmisión de calor en estos tubos de humo, y los resultados de su investigación se hallan expuestos en un artículo leído ante la Sociedad norteamericana de ingenieros mecánicos, en diciembre de 1917. Los ensayos realizados en la caldera arriba descrita confirmaron plenamente la exactitud de la ley de Fry.

El horno rotatorio en la fabricación del cemento.—III.*

por W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

Descripción del ensayo de un horno rotatorio.

Nos proponemos, ahora, describir detalladamente un ensayo realizado por espacio de seis días en un horno rotatorio típico, para vía húmeda. En la fig. 17 (pág. 562), se ve un plano general de la instalación. El almacén de carbón es un mero cobertizo, con pavimento de hormigón. El carbón llega en vagones de ferrocarril, estando el nivel de las vías a unos 3 m. por encima del piso del almacén de carbón. Ordinariamente, no se pesa el carbón, sino que es acarreado en carretillas a la trituradora de rodillos de 23 cm. por 60 cm. No hay mecanismo de alimentación. Los rodillos están separados unos 32 mm., y sirven para triturar los trozos más grandes. El carbón se eleva y vierte directamente al secador sin mediación de ninguna tolva ni alimentador. El secador de carbón tiene un diámetro de 1.50 m. por 15 m. de largo. Se calienta por un hogar independiente.

Desde el secador, el carbón se eleva a una tolva de una tonelada de capacidad, situada encima del molino de bolas. Cada molino tubular está provisto de una pequeña tolva, de una capacidad de unos 115 kgs. tan sólo, habiéndose montado un dispositivo para enviar el material procedente del molino de bolas a cualquiera de dichos dos molinos. Al salir de los molinos tubulares, el carbón pulverizado es elevado a la tolva correspondiente, de un diámetro de 3.80 m, y de una capacidad de 20 t.

Desde la tolva, el carbón es conducido por un mecanismo de alimentación parecido al reproducido en la fig. 4. Los tornillos tienen cada uno un diámetro de 12 cm. por un paso de 5 cm., y la variación de velocidad es desde 100 a 150 r.p.m.

Horno rotatorio.—El horno tiene un diámetro de 2.60 m., y una longitud de 61.50 m., con una zona de clinkerización de un diámetro de 3.05 m. y de 12 m. de longitud. El forro de ladrillo refractario tiene un espesor de 20 cm. en la zona de clinkerización, seguida de 16.50 m. de forro de un espesor de 15 cm., y de 28 m. de forro de 11.5 cm. de espesor. El volumen, o cabida, dentro del forro, es de unos 264 m^3.

El horno tiene dos marchas, obtenidas mediante dos juegos de poleas, fija y loca; una marcha rápida de 0.95 r.p.m., una marcha lenta de 0.76 r.p.m. La inclinación del horno es del 4%.

No hay elevadores de pasta, pero hay 150 abrazaderas de fundición en los últimos 29 m. del horno. Estas abrazaderas tienen un ancho de 7.5 cm., y sobresalen 30 cm. de la superficie de los ladrillos refractarios. La superficie expuesta total es de solamente 7 m^2.

Enfriador rotatorio.—El enfriador tiene, en su mayor parte, un diámetro de 1.70 m. entre las planchas de la cubierta, y una longitud total de 20.50 m. Tiene un extremo ensanchado, de un diámetro de 2.15 y de 2.45 m. de longitud. La inclinación del enfriador es del 6%, su número de revoluciones, 3.16. Las disposiciones internas del enfriador se describirán más adelante, cuando tratemos de la radiación de la cubierta del enfriador. A causa de la configuración del terreno, el enfriador está colocado en ángulo recto con el horno.

Descarga del clinker.—La conexión entre el enfriador y el horno se ve en las

* Para las figs. 1-7, véase el número de enero.
Para las figs. 8-16, véase el número de marzo.

figs. 18 y 19 (pág. 564). Entre el extremo del enfriador y la pared hay un intersticio, a través del cual entra en el horno determinada cantidad de aire frío, y sale un 3 a 4% del clinker caliente, que se desparrama por el suelo.

En un principio, había un conducto de descarga de clinker, hecho de fundición y forrado de ladrillos refractarios, pero se quitó, y en su lugar se ha instalado la disposición reproducida en las figs. 18 y 19. El área mínima de la sección transversal del conducto de descarga del clinker es de 0.84 m^2.

Alimentador de pasta.—Se ha dispuesto un alimentador rotatorio similar al reproducido en la fig. 3. El eje prolongado del alimentador se proyecta fuera del extremo del horno, y está accionado por una correa desde la cubierta del horno. El mechero del horno aumenta a veces la alimentación, si se coloca un bloque de madera en la tubería de rebosadero.

Boquilla de ignición del carbón.—Es una boquilla sencilla, con un orificio de 15 cms., que se interna unos 40 cm. dentro del horno, a partir de su extremo.

Energía requerida.—El promedio de la energía consumida es de 33.0 C.V. para el horno, 8.0 C.V. para el enfriador, 4.0 C.V. para el ventilador del mechero de carbón.

Conductos de humos y chimenea.—Saliendo del horno, los gases de salida pasan por una cámara de captación de polvo, de unos 130 m^3 de capacidad, que retiene aproximadamente 0.45 toneladas de polvo en 24 horas. La chimenea tiene unos 90 m. de altura.

Hoja del ensayo del horno.—Refiriéndonos a la hoja del ensayo del horno, se verá que el período fué solamente de seis días, habiéndose hecho las lecturas todos los días a las 12. El carbón se pesaba en carretillas desde el almacén, sobre una máquina pesadora de plataforma, en partidas de 125 kgs., y luego era vertido en los rodillos de carbón.

Antes de empezar el ensayo, se hizo marchar el secador de carbón sin carga por espacio de una hora; se hizo marchar en vacío, y después de limpiarla, la tolva del molino de bolas; y el molino de bolas y refino tubular se pararon a plena carga, inmediatamente después de vaciar la tolva. La superficie superior del carbón en la gran tolva de carbón pulverizado fué nivelada, y medida la profundidad desde el nivel superior, a las 12, cuando se empezó el ensayo. Al final del ensayo, se volvieron a observar nuevamente todas las condiciones, de modo que la única correción que se tuvo que hacer a la cantidad de carbón pesado, fué la correspondiente a la diferencia de nivel en la tolva de carbón pulverizado, al principio y al final del ensayo.

Volviendo ahora nuevamente a la hoja del ensayo, la cifra efectiva del tiempo de marcha del horno, de la columna 2, la inscribe, en el primer caso, el calcinador. El calcinador, en cada turno de 8 horas, registró el tiempo que está parado el horno, y la razón de dicha parada. Un registrador de velocidad era accionado por uno de los ejes del mecanismo accionador del horno, registrándose en la hoja los paros del horno, y obteniendo así una cifra de contrastación del tiempo de funcionamiento del horno.

En la fig. 20 (pág. 565) se ve una hoja de muestra. Indica con toda claridad cuándo iba el horno a su marcha rápida y cuándo a la lenta, como también la duración de los paros. Se advertirá que, después de cada paro, el horno se colocaba a marcha lenta (pero con plena alimentación de carbón) durante un corto intervalo, a fin de calentarlo. Los paros del horno registrados cada tres horas (marcados con la letra B en la hoja) se hicieron al objeto de obtener la cantidad exacta vertida por los tornillos de alimentación de carbón, por cada 100 revoluciones. A este objeto, se dispuso un tubo de desviación, con válvula deflectora, de modo que el carbón que saliese de los tornillos de

HOJA DE ENSAYO DEL HORNO.

Diámetro del horno por el interior de la cubierta = 2.60 m. ; longitud = 61.60 m. ; ***Zona de clinkerización*** 3.05 m. de diametro por el interior de la cubierta, por 12.20 m. de largo. ***Sistema :*** tiro natural por chimenea.

—	HORNO			PASTA			CARBÓN BRUTO			CARBÓN MOLIDO			CLINKER	GASES DE ESCAPE			TEMPERATURAS		
	Tiempo disponible para el funcionamiento en minutos	Tiempo efectivo de funcionamiento. Minutos	Promedio de r.p.m. del horno	% de agua	% de $CaCO_3$, libre de materia orgánica	Residuo al tamiz de 4900 mallas por cm^2	Cantidad pesada para el secador. Toneladas	% de humedad que entra en el secador	% de humedad que sale del secador	Residuo al tamiz de 4900 mallas por cm^2	Residuo al tamiz de 155 mallas por cm^2	Valor calorífico en calorías-kg. seco	Toneladas por hora ; calculado seco.	CO_2.	O_2.	CO.	Clinker que sale del enfriador. °C.	Gases de escape del horno. °C.	En la base de la chimenea. °C.
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
De 12 h. 00 14 Jul. a 12 h. 00 15 Jul.	1440	1308	0.91	44.3	77.1	7.0	52.70	1.90	1.10	10.0	0.31	7425	7.15	17.9	7.0	—	151	498	318
De 12 h. 00 15 Jul. a 12 h. 00 16 Jul.	1440	1360	0.93	45.0	77.1	7.3	56.00	1.92	1.19	12.3	0.50	7570	7.05	21.1	4.5	—	143	492	313
De 12 h. 00 16 Jul. a 12 h. 00 17 Jul.	1440	1354	0.91	45.0	76.7	6.7	49.00	1.87	1.11	8.6	0.24	7770	7.04	21.4	4.3	—	150	468	316
De 12 h. 00 17 Jul. a 12 h. 00 18 Jul.	1440	1319	0.91	44.7	76.6	6.3	46.50	1.86	0.98	8.6	0.21	7453	6.96	22.8	3.2	—	147	478	306
De 12 h. 00 18 Jul. a 12 h. 00 19 Jul.	1440	1330	0.90	44.7	76.5	6.4	45.00	1.82	1.08	7.4	0.47	7481	6.75	19.8	5.5	—	144	448	306
De 12 h. 00 19 Jul. a 12 h. 00 20 Jul.	1440	1325	0.91	44.2	76.5	6.5	33.60	1.73	0.88	7.2	0.46	7309	6.90	23.3	2.8	—	151	452	301
Promedios —	—	(horas) 133.3	0.91	44.6	76.7	6.7	282.80	1.85	1.06	9.02	0.36	7500	6.97	21.1	4.5	—	147	472	310

alimentación pudiese ser vertido por espacio de un minuto en un saco, pesándolo después. Un contador registraba, mientras duraba el ensayo, el número de revoluciones dadas por los tornillos de alimentación del carbón.

De esta manera, se obtuvo una cifra para el peso aproximado del polvo de carbón descargado por 100 revoluciones de los tornillos de alimentación. Esta cifra, multiplicada por el número total de revoluciones dadas, debería dar el peso del carbón seco que entra en el horno. Haciendo las correcciones del caso, hubo una concordancia muy grande entre el peso del carbón, calculado de esta manera, y el peso del carbón bruto empleado, tal como lo daba el registro del pesaje. Sin embargo, no siempre se pudo obtener una concordancia tan grande. Los períodos durante los cuales el horno iba a marcha lenta, independientemente de los debidos al dispositivo de desviación del carbón, llevan en la hoja la letra H. Son relativamente poco numerosos, y probablemente hubieran sido menos todavía, si no hubiese sido por la interrupción del trabajo del horno, producida por los paros debidos a la desviación del carbón.

Las conclusiones generales sacadas de la hoja registradora son: que las velocidades del horno eran las adecuadas para la alimentación de pasta empleada, y que la alimentación de carbón y de pasta eran ambas uniformes durante su marcha. En algunas fábricas, un gráfico similar demostró que la velocidad del horno cambiaba dos o tres veces por hora, lo que indica una irregularidad en la marcha, cuyo origen debía averiguarse.

Columna 3.—Un cuenta-revoluciones estaba accionado por un eje del aparato motor del horno, conociéndose la relación de las r.p.m. del eje a las del horno. Se leyeron las indicaciones de dicho contador diariamente a mediodía, y del número total de las revoluciones del horno en las 24 horas, y del tiempo efectivo de marcha, pudo obtenerse el número promedio de las r.p.m. del horno.

Los datos sobre la pasta, indicados en las columnas 4, 5 y 6, los daba el personal químico de la fábrica, ya que formaban parte de su trabajo cotidiano, que seguía haciéndose independientemente de que se ensayas en o no los hornos. Ya se ha descrito el método de obtener los datos de las columnas 7 a 12.

Columna 13.—El clinker que salía del enfriador caía en un pesador rotatorio del tipo indicado en la fig. 8. Lo vertido por cada compartimiento se comprobaba varias veces al día sobre una báscula de plataforma, y se vió que oscilaba entre 29.5 y 30.5 kgs. Al salir del pesador rotatorio, el clinker era elevado, resultando conveniente conducirlo en vagonetas de vía de 60 cm. Luego se volvía a pesar en un puente-báscula de plataforma, obteniéndose así el peso total de los seis días. Para el pesador rotatorio se comprobó que vertía por término medio 30 kgs. por compartimiento.

Columnas 14, 15 *y* 16.—El análisis de los gases de escape se realizaba mediante un aparato Orsat, a intervalos regulares durante el día.

Columnas 17, 18 *y* 19.—Se obtenía la temperatura del clinker que salía del enfriador, recogiendo la descarga en una caja de madera de 15 cm., e introduciendo un térmometro de mercurio. Se requiere mucho cuidado, pues de otra manera la temperatura registrada es demasiado baja. La temperatura de los gases de salida del horno se tomaba con un registrador de filamento único.

Las temperaturas en la base de la chimenea se observaban a intervalos regulares, por medio de un pirómetro e indicator portátil, y se calculó el promedio de todas las lecturas, a fin de obtener el resultado diario. En este caso, el conducto de enlace entre el horno y la chimenea era de longitud extraordinaria (88 m.), y se advertirá el descenso de temperatura que tenía lugar entre el extremo de salida del horno y la base de la chimenea, debido principalmente a la infiltración de aire frío.

(*Continuará.*)

Quejas sobre el cemento.—II.

por H. A. HOLT.

SE hizo una investigación sobre una queja de que unos dinteles de hormigón armado revocados con mortero de cemento habían dado mal resultado a causa de haberse desprendido el revoque. Al efectuar el análisis, se vió que el hormigón del dintel contenía un 14.5% de carbón, procedente del agregado de escorias, y que al mismo tiempo el revoque había sido aplicado en una sola capa y era tan pesado que en algunos sitios se había separado de su soporte. Este soporte había sufrido una expansión, por razón de la oxidación del carbón, y había destruído la poca adherencia que tenía el revoque.

Se investigó, también, otro fracaso semejante en el que se habían desprendido unos azulejos de un revestimiento. Se suponía que la causa de la avería estaba en el revestimiento. Pero vino a averiguarse que era debido a que el agregado del soporte contenía un 3% de carbón, que al dilatarse había desprendido el revestimiento, soltando los azulejos.

El efecto nocivo del carbón en un agregado se reduce en cierto grado si se hace suficientemente compacto el hormigón para eliminar aire y humedad, de modo que no se oxide fácilmente el carbón. El carbón se encuentra, naturalmente, casi exclusivamente en la escoria de cok y en los agregados de índole parecida que se usan para el hormigón ligero y poroso, que después se revoca con mortero. Depende de este mortero la prontitud con que los agentes oxidantes, o sean el aire y el agua, tengan acceso al soporte.

No es, sin embargo, recomendable, en ningún caso, utilizar agregados que contengan aunque sólo sean indicios de carbón fácilmente oxidable, puesto que los hormigones amasados con tales agregados tendrán probabilidades de sufrir expansión al fraguar. Si la expansión del fraguado se suprime, gracias a la rápida desecación del hormigón, probablemente dicha expansión tendrá lugar más tarde, cuando el hormigón se humedezca por la exposición a la intemperie u otras causas cualesquiera.

Lo mismo que sucede con el carbón, el efecto nocivo de los sulfuros de los agregados no es tan marcado cuando el hormigón es muy compacto e impermeable. Se ensayó un bordillo de acera de hormigón, moldeado previamente, que había estado en uso por mucho tiempo, y por lo que se refería a su resistencia e inexpansividad, se vió que era de superior calidad. Al analizar la escoria, se vió que contenía sulfuros muy por encima del límite considerado como seguro. Sin embargo, el bordillo había sido consolidado sobre un vibrador, y resultaba casi impermeable.

Una escoria básica cristalina, dura y bien clasificada, pero que contenía un 2.5% de azufre en forma de sulfuros, se amasó en cubos en la proporción de 4 : 1. Se ensayaron los cubos a los 7 días, y se compararon con cubos similares, hechos con arena buena y el mismo cemento. Los cubos de escoria solamente acusaron un 40% de la resistencia de los cubos de arena.

Los sulfuros se encuentran con frecuencia en los espatos, combinados en forma de sulfuro de zinc, que es una substancia muy nociva para el mortero. En cinco muestras de hormigón deficiente ensayadas, resultó que contenían zinc y azufre en forma de sulfuro, indudablemente combinados:

	Zinc.	Azufre de sulfuros
1er caso	5.26% ...	... 2.22%
2° ,, ...	1.22% ...	... 4.36%
3er ,, ...	5.98% ...	... 2.30%
4° ,, ...	2.94% ...	... 1.43%
5° ,, ...	3.32% ...	... 1.63%

En todos los casos, cuando el hormigón ya tenía dos días, aún no había fraguado debidamente, pudiendo deshacerse fácilmente entre los dedos. Además, el hormigón en dicho período acusaba una dosis elevada de humedad no combinada. El endurecimiento subsiguiente resultó ser, en casi todos los casos, lento.

Otras sales de zinc, tales como el carbonato y el óxido de zinc, tienen efectos desastrosos sobre el hormigón.

El sulfuro de plomo también se halla en algunos espatos, y es casi tan inestable como el sulfuro de zinc. El hormigón queda afectado de distintas maneras, según sea el metal con el cual está combinado el azufre en forma de sulfuro, pero en casi todos los agregados que contienen azufre dicho azufre se combina con el hierro del cemento, formando sulfuro de hierro y produciendo, en primer término, un color verde, que luego se trueca en color rojizo de óxido en el hormigón.

Las escorias contienen frecuentemente sulfato de calcio, que junto con el aluminato cálcico del cemento, forman sulfo-aluminato cálcico, y dan por resultado la disgregación del hormigón.

No es práctica recomendable exponer a la intemperie los agregados que contienen sulfuros, ya que aunque algunos, tales como el sulfuro de magnesio (que es ligeramente soluble) puede eliminarse de esta manera, el sulfuro de calcio se convierte fácilmente en sulfato cálcico, dando el mismo resultado mencionado en el párrafo precedente.

Si se emplean agregados que contengan sulfuros para el hormigón armado, el resultado puede ser desastroso. El azufre se combina primero con el metal, formando sulfuro de hierro, y más tarde óxido de hierro. Entonces el hormigón se disgrega por expansión. Los sulfuros encontrados en las escorias y clinker son, generalmente, bastante estables, si no se hallan presentes en exceso.

El anhídrido sulfúrico de los agregados es a veces la causa del mal resultado del hormigón, pues es equivalente a agregar un exceso de yeso al cemento. En el caso de un revoque que había sido aplicado a una obra de ladrillo, y que se había levantado y agrietado, se vió que eran los ladrillos los que contenían un exceso de anhídrido sulfúrico que, por estar en un ambiente húmedo, había dado lugar a que el mortero y el revoque de cemento se entumecieran y agrietaran.

Un caso interesante de mal resultado del hormigón, debido al anhídrido sulfúrico, lo suministró una queja de que el revestimiento de hormigón no armado de una carretera, que había sido construído dos años antes, había empezado a levantarse en determinados sitios, y en uno de ellos hasta 15 cms. Al efectuar el examen, se vió que el hormigón estaba agrietado y muy disgregado en algunos puntos. Los agregados eran grava y arena de río, que habían sido admitidos como satisfactorios, pero al analizar el mortero separado de la grava, se vió que existía una dosis de hasta un 6% de anhídrido sulfúrico. Este fué, naturalmente el causante de la avería, pero el problema estribaba en averiguar de dónde había venido. Se descubrió que el hormigón había sido extendido sobre un lecho de piedra mezclada con escoria. La escoria contenía azufre en forma de sulfuros y anhídrido sulfúrico, que habían sido posteriormente absorbidos por el hormigón en detrimento propio.

Algunos postes de hormigón, levantados en torno a la escombrera de una mina de carbón, se vió que se deterioraban al nivel del suelo. Los postes estaban sumergidos en agua procedente de un pequeño manantial que salía al pie de la escombrera. Al analizar el agua, se vió que contenía una dosis excesiva de sales, especialmente de sulfatos cálcico, magnésico y sódico. Éstos habían reaccionado con el cemento y producido la corrosión.

L

A veces, el mal resultado obtenido es debido a que el que utiliza el hormigón no se hace cargo de las limitaciones a que se halla sujeto el hormigón. El ingeniero de obras que pide a un hormigón no protegido, o insuficientemente protegido, que resista a los ataques de los líquidos industriales, puede encontrarse ante situaciones difíciles. Se ha registrado un caso de dar mal resultado el pavimento de una fábrica, debido a la acumulación sobre el mismo de residuos de grasa. La grasa contenía una pequeña cantidad de ácidos grasos, que en sí mismos no representaban una cifra muy elevada, pero al cabo de un largo período, los ácidos habían aumentado, a medida que la grasa se hacía más rancia, hasta que acabaron por corroer la superficie del hormigón. Si se hubiera mantenido debidamente limpio el suelo, y no se hubiera consentido el amontonamiento de grasas, hubiera quedado reducida al mínimo la avería del pavimento. Y se hubiera podido reducir aún más, si desde un principio se hubiese tratado el suelo con tres buenas aplicaciones de solución de silicato de sodio.

Una carretera en la que se habían colocado postes de madera no se endureció satisfactoriamente. Se realizaron experimentos en el laboratorio, a fin de averiguar la causa de la avería. Se colocaron postes de madera sobre el hormigón desde las 24 horas de haber sido éste llevado allí hasta los 7 días, y en ningún caso se obtuvieron resultados desagradables. En cambio, cuando se colocaron los postes de madera sobre hormigón que apenas había fraguado, se vió que el hormigón absorbía la creosota de la madera, y aunque el cemento fraguaba, no alcanzaba casi ninguna resistencia.

El efecto pernicioso del azúcar sobre el cemento es bien conocido, pero tal vez ya no es tan conocido lo pequeño de la cantidad de azúcar necesaria para causar dicho efecto nocivo. Cierto pavimento de hormigón armado no se endureció, y no se podía encontrar la razón de dicha falta. Los agregados, la arena, y el cemento, eran de calidad superior (la arena había sido lavada), la mano de obra era intachable, y solamente por una investiguación casual se averiguó que la arena lavada había sido traída en sacos de azúcar. En cada saco había quedado una pequeña cantidad de azúcar, que se había disuelto en la arena húmeda, y así, inadvertidamente, había sido mezclado con el cemento, dando resultados desastrosos.

Los líquidos de las tenerías, puestos en contacto con el hormigón no protegido, casi siempre ocasionan averías, como lo hacen casi todas las soluciones ácidas. En dichos casos es preciso disponer un revestimiento o forro resistente a los ácidos, de modo que se impida todo contacto entre el ácido y el cemento. Una mezcla de pez y alquitrán constituye una capa adecuada, o mejor todavía lo hacen el asfalto o plomo resistentes a los ácidos.

Al analizar una muestra de hormigón defectuoso, dos de los puntos más difíciles de establecer satisfactoriamente son la consistencia a que se amasó el hormigón, y si luego fué debidamente curado. El aspecto suministrará, a menudo, la solución del primer problema, pero algunas veces ésto está sujeto a equivocaciones. Una alta cifra en el valor de la pérdida al fuego puede significar que se empleó un exceso de agua de amasado, pero también puede querer decir que se empleó demasiada poca agua en el amasado, dando por resultado un hormigón poroso. Puede deducirse una conclusión satisfactoria con respecto a la consistencia de la dosis de agua no combinada, pero se debe estar seguro de que no han intervenido otros agentes, que hayan podido retardar el fraguado, tales como las heladas, la materia orgánica, o el azúcar. Una reducida pérdida acompañada de baja dosis de humedad libre, indican una desecación rápida y forzada.

La experiencia ha probado que el uso de detritus y polvo en el agregado

dan frecuentemente como resultado la falta de endurecimiento del hormigón; especialmente se advierte ésto en tiempo húmedo y cuando la temperatura es más bien baja. Se han realizado gran número de ensayos, pero todavía no se ha obtenido una explicación satisfactoria. Es probable que esta falta de consistencia sea debida a la gran cantidad de agua que debe añadirse al amasar, para mojar las finas partículas de polvo, y también a la debilidad inherente del hormigón, producida por la imposibilidad en que se halla el cemento de " recubrir " dicho polvo. Si se separase el polvo y se lo reemplazara por arena, so obtendrían resultados satisfactorios.

El fracaso de algunos pilotes de hormigón al ser hincados suministró un caso interesante de distinta índole. Cuando se rompieron los pilotes defectuosos y se examinaron, se encontraron en el hormigón manchas de un color verde brillante, especialmente allí donde las piedras habían sido separadas del mortero. Esas manchas, al secarse expuestas al aire, se volvieron blancas. La grava había sido extraída del lecho del río, y al secarla parecía bien limpia. Al efectuar la investigación se descubrió que el depósito verde que se hallaba en el hormigón consistía en algas, o vegetación acuática. Éstas habían recubierto parte del agregado mientras estaba en el río y habían sido transferidas al hormigón. La película que rodeaba el agregado había impedido la debida cohesión con el cemento, cuya eficacia había quedado reducida por la materia orgánica. A estos factores agréguese una mala clasificación y amasado y la presencia de carbón que había sido dragado con el agregado, y ya no resulta inexplicable el fracaso.

La eflorescencia, real y falsa, es a menudo causa de quejas, especialmente en los trabajos con hormigón de color. Ejemplo típico de ello se obtuvo en una gran construcción de hormigón, sobre cuya superficie se había formado una eflorescencia que había deteriorado completamente el aspecto del edificio. Se encontró que algunas porciones de la obra habían sido dejadas con un acabado bastante pobre, y el contratista había barnizado la superficie con lechada de cemento. Ésto explicó la eflorescencia, porque el agua de la lechada de cemento se había cargado de cal disuelta; al secarse, esta cal se había depositado sobre la superficie del hormigón, y en contacto con el dióxido de carbono del aire, se había convertido rápidamente en carbonato cálcico. Toda superficie de hormigón tiene una película de carbonato de cal, pero suele ser tan delgada que no es perceptible, excepto en los casos en que el hormigón es poroso y el hidróxido cálcico de la masa del hormigón puede disolverse y salir luego a la superficie por la acción de la capilaridad.

Otra queja de eflorescencia demostró no ser debida más que a un depósito acumulado de sales del agua del mar, que se secaron sobre la superficie del hormigón.

Probablemente, la queja más notable de todas fué la presentada denominándola impropiamente eflorescencia. Los cimientos y muros de hormigón se construyeron aprovechando el intervalo entre mareas, la mezcla empezada tenía la dosificación de 4 : 2 : 1, y los agregados clasificados eran granito y arena. Se amasó bien el hormigón, colocándolo en condiciones de mucha humedad, por no funcionar bien la bomba. Cinco horas después, el agua del mar cubrió el hormigón hasta una profundidad de 1.80 m. Cuando al cabo de cuatro días se extrajo el agua por medio de bombas, apareció una especie de bosque de tubos blancos, que se proyectaban verticalmente de la masa del hormigón. Estos tubos eran finos, pero muy duros, de un diámetro aproximado de 5 mm., y ligeramente cónicos. Quedaban bastante diseminados, a razón de uno por dm^2, y eran de una altura media de unos 40 cm., aunque algunos llegaron a alcanzar 90 ó 120 cm. La explicación probable de este

fenómeno era que la sedimentación del agregado había expulsado una solución de cal fuera del hormigón, por los poros abiertos por el aire, y tan pronto como dicha solución de cal se ponía en contacto con la dura agua del mar, se precipitaba el carbonato de cal.

Esto continuó mientras el hormigón se conservó plástico, y los tubos de carbonato de cal continuaron creciendo. La precipitación solamente podía tener lugar en la parte exterior de la vena de solución de cal, por lo que el núcleo de dicha vena iba subiendo por dentro del tubo así formado. El movimiento ascensional de la solución de cal se debió, probablemente, al hecho de que su densidad era menor que la del agua del mar. Este fenómeno no hubiera tenido lugar en el agua dulce, porque la solución de cal hubiera tenido una densidad superior, y hubiera tendido a formar una incrustación o una " lechada " sobre la superficie del hormigón.

La industria del cemento portland en los Estados Unidos en 1929.

Por primera vez desde 1921, la producción y venta del cemento Portland en los Estados Unidos ha acusado una reducción con relación a los años anteriores. De las estadísticas del " Bureau of Mines " de los Estados Unidos, parece que la producción en 1929 alcanzó la cifra de 169,137,000 barriles; comparada con la de 175,968,000 barriles producidos en 1928, representa una reducción de 6,831,000 barriles, o sea un 3.9%. Las ventas en 1929 fueron, probablemente, de 169,647,000 barriles; comparadas con los 175,455,000 barriles vendidos en 1928, acusan una reducción de 5,808,000 barriles, o sea el 3.3%. Nueve fábricas nuevas y una instalación molturadora agregaron de 9,000,000 a 10,000,000 barriles a la capacidad productora de la industria en 1929, mientras que las mejoras y ampliaciones de las fábricas existentes añadieron probablemente de 3,000,000 a 4,000,000 barriles; al terminar el año, la capacidad de las fábricas existentes era de unos 257,000,000 barriles al año, acusando un aumento de 14,000,000 barriles, respecto de la de 1928. En el punto culminante de la producción del año, a sea en el mes de agosto, se empleó un 86% de la capacidad disponible.

Los precios decayeron durante el año, especialmente en su segundo semestre. El precio medio neto en fábrica en 1928 fué de $1.57 por barril. El descenso en 1929 llegó a ser, según informes recibidos, de hasta 25%, con un promedio de 10%. El valor de los 170,000,000 barriles vendidos en 1929 fué de aproximadamente $245,000,000, en lugar del de $276,000,000 para los 176,000,000 barriles vendidos en 1928.

La importación durante los primeros diez meses del año alcanzó la cifra de 1,546,974 barriles, contra 2,042,124 barriles, importados durante el mismo periodo en 1928. La importación total en 1928 fué de 2,284,085 barriles. El valor del cemento importado en los primeros diez meses del año vino a ser de $1.14 por barril, mientras que en 1928 fué de $1.33. Dos terceras partes del cemento Portland importado 1,058,000 barriles en los primeros diez meses del año, procedía de Bélgica. El valor promedio del cemento importado en Massachusetts fué de $1.38 por barril.

Desde el punto de vista mecánico, según manifiesta " Rock Products," el año 1929 acusó dos hechos notables: el gran interés que ha despertado y la

adopción en gran escala de la molturación en circuito cerrado, tanto para la vía húmeda como para la seca, pero más especialmente para esta última; y el empleo creciente de filtradores de pasta. Desde el punto de vista económico, el buque especial para el transporte de cemento a granel es un progreso notable. El buque transportador de cemento a granel, con descarga automática, no es un invento reciente, ya que en la región de los Grandes Lagos se han empleado barcos de esta índole desde hace varios años, por parte de uno o dos fabricantes. El año 1929 marcó la invención de un nuevo tipo de buque transportador a granel, que emplea una o dos cucharas prensoras en túneles para la remoción de la carga, en lugar de los transportadores de correa. En la costa oriental y en los ríos Mississippi y Ohio, al igual que en la región de los Grandes Lagos, se han adoptado barcos y barcazas, de un tipo parecido, para el transporte a granel. El efecto económico de estas mejoras de la industria ha conducido a la construcción de centrales envasadoras en ciudades situadas a gran distancia de las fábricas, y ha proporcionado a varias fábricas, dotadas de embarcadero, muchas de las ventajas de las fábricas emplazadas en el centro de los grandes mercados consumidores, ya que pueden realizarse entregas directas por camión desde la central envasadora hasta donde el cliente desee.

Desde hace próximamente dos años, la Asociación del Cemento Portland ha venido realizando investigaciones sobre la molturación en circuito cerrado, en colaboración con el " Bureau of Mines " de los Estados Unidos, en la Universidad de Minnesota, y trabajos de investigación sobre el tamaño de las partículas en el " Bureau of Standards " de los Estados Unidos. Si bien no se ha hecho público el resultado de estas investigaciones, exceptuando a los socios de la Asociación del Cemento Portland, ya se conoce bastante sobre el asunto para predecir que casi constituyen una revolución. Mientras que la molturación húmeda en circuito cerrado había probado su eficacia y economía en la metalurgia, no ha ocurrido lo mismo en la molturación en circuito cerrado por vía seca. La aparición simultánea de ambos aspectos vuelve a dejar abierto el margen a la controversia sobre las vías seca y húmeda. La aplicación satisfactoria de ambas depende de la finura a que hay que moler para a mejor eficacia de la reacción química que tiene lugar en el horno rotatorio, cosa que parece haber sido ya determinada, aunque puede variar algo, según los materiales y las condiciones.

Durante los últimos años, con la demanda creciente de cemento de endurecimiento más rápido, y la consiguiente más cuidadosa dosificación de las primeras materias, la vía húmeda ha gozado de mucho de mayor popularidad. Además de la preparación más precisa y el más fácil control, la mayor economía de la molturación por vía húmeda da a ésta ventajas innegables. La fábrica Ford, que trabaja por vía húmeda, usando filtros de pasta y métodes adecuados de aprovechamiento del calor, redujo el consumo mensual de carbón a un promedio de menos de 20 kg por 100 kg de producción, con carbón de 7,800 calorías.

Se dice ahora que el uso de separadores de aire en circuito cerrado, en los molinos de crudo por vía seca, y el control preciso del tamaño de las partículas separadas, han modificado la mutua posición de ambos procesos. Algunas de las fábricas de vía seca más antiguas, que parecían casi tener que retirarse por caducas, han logrado resultados notables en la mejora de calidad del producto y en el aumento de capacidad, tanto de las máquinas molturadoras como de los hornos. Los separadores por aire, especialmente al extremo de acabado, no son, en manera alguna, cosa nueva en la industria del cemento, pero el tipo actual y la adaptación de los mismos son nuevos. En opinión de algunos de

los más expertos fabricantes de la industria del cemento, esta nueva molturación por vía seca en circuito cerrado, y el empleo de partículas de crudo del tamaño adecuado al producto que se desee, con métodos modernos de homogeneización por vía seca, va a hacer posible el trabajo en muchas de las fábricas más antiguas por vía seca.

La Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales está proyectando ahora la revisión del Pliego de Condiciones del cemento Portland, modificando las prescripciones de resistencia mínima a la tracción, aumentándola desde 15.8 kg por cm^2 hasta 19.3 kg. por cm^2. Se ha designado un sub-comité especial para estudiar la cuestión de la limitación de la dosis de cal, por el uso de la relación molecular de la cal a la sílice, alúmina y hierro. El comité está preparando nuevos proyectos de especificaciones para el cemento Portland de endurecimiento rápido; en lugar de las actuales prescripciones de 2% para el anhídrido sulfúrico, se propone elevar esta cifra a 2.5%; además, se propone que la resistencia mínima a la tracción a un día sea de 19.3 kg por cm^2, y la resistencia a los tres días, de 26.36 kg por cm^2.

Nueva máquina para llenar sacos.

CUANTOS tienen que manejar materias pulverizadas, tales como el cemento, el carbón, el yeso, etc., saben que cuando las mismas se vierten dentro de un envase, al principio ocupan un volumen mayor que el que tienen después de algún tiempo de conservación. Ésto es debido a que el aire arrastrado junto con el polvo forma huecos entre las partículas. Mientras el material se conserva almacenado, este aire va escapándose lentamente, y el polvo va asentándose y ocupa un espacio menor. La casa Andreas Maschinen-Gesellschaft m.b.H. ha lanzado ahora al mercado una máquina, cuyo accionamiento está basado en este hecho, afirmándose que es la primera máquina de llenado automático y pesaje de precisión que agita a mueve los sacos mientras se llenan, haciendo posible así el uso de un saco más corto.

El movimiento del saco reduce el volumen del cemento, y con ello el saco puede tener de 5 a 10 cm. menos de largo del corriente, según la mayor o menor densidad del cemento. La objeción que pudiera presentarse de que los sacos reventarán más fácilmente parece haber quedado contradicha por la experiencia; la economía debida al uso de sacos más cortos puede alcanzar, aún en una fábrica de cemento de moderada producción, la cifra de £80 por mes. La cantidad en que puede reducirse la longitud de los sacos depende de la densidad de cada cemento, y se determina mejor por la experiencia, una vez instalada la máquina. La longitud se ajusta de manera que quede algún margen, y de modo que en el cemento asentado quede aún alguna cantidad de aire. Se nos afirma que los sacos Andreas cortos, rellenados asentando el material, han sido expedidos desde numerosas fábricas europeas en largos viajes transatlánticos, sin que se haya presentado ninguna reclamación por averías ocurridas.

La siguiente descripción de la máquina Andreas llenadora de sacos de válvula explica su funcionamiento. El polvo de cemento se transporta desde el silo a un tamiz rotatorio provisto de una tela metálica de alambre de acero fuerte.

El tamiz es alimentado por un tornillo que trabaja dentro de una caja perforada, lo que reduce el desgaste del tamiz y hace que el cemento sea más fácil y rápidamente tamizado. El objeto de este tamiz es separar del cemento los cuerpos extraños, de modo que no pasen a la máquina. Debajo del tamiz hay un tornillo distribuidor, que envía abundante cantidad de polvo de cemento a la máquina pesadora situada debajo. La máquina pesadora de precisión que se emplea, trabaja por el peso y no por el volumen. Las dimensiones del recipiente son tales, que puede manipularse cemento de cualquier densidad.

El relleno normal del saco de cemento es de 50 kg, y el contrapeso normal de la máquina representa esta cantidad. Sin embargo, algunas veces, se necesita llenar sacos con una cantidad de cemento algo mayor o menor, por lo que la máquina está dispuesta de modo que el contrapeso pueda cambiarse con facilidad y rapidez. La máquina pesadora está encerrada en una caja o recipiente hermético, que impide entre el polvo, y trabaja con gran facilidad. Como todas las máquinas pesadoras de precisión, hace la carga primero por un alimentador principal, y luego por otro auxiliar para afinar mejor el peso.

La máquina se descarga por una válvula inferior; el operario no puede intervenir en el funcionamiento de esta válvula hasta que la carga ha sido pesada con precisión. El número de pesadas se registra automáticamente. Los sacos llenos se sacan automáticamente, lo que facilita en gran manera el trabajo del encargado. Las válvulas de admisión y descarga de la máquina pesadora están construídas de manera que no pueda pasar cemento por ellas cuando están cerradas. Una vez pesada la carga de cemento, cae desde la máquina en un embudo situado debajo, al extremo inferior del cual está rígidamente atornillada la turbina. Los experimentos demuestran que la cantidad de movimiento del cemento proyectado en el embudo es casi suficiente para hacerle pasar al saco. La operación de llenado, sin embargo, es auxiliada por la turbina.

Como las turbinas de la máquina Andreas tan sólo trabajan mientras se están llenando los sacos, y el cemento que entra en la turbina posee ya una cantidad de movimiento bastante elevada, es evidente que el desgaste y consumo de energía serán forzosamente pequeños. La boquilla de llenado está firmemente atornillada a la turbina, de modo que ninguna cantidad de polvo pueda escapar por su unión. A causa de la separación de los procesos de pesaje y llenado, por medio del embudo, situado debajo de la máquina pesadora, pueden imprimirse sacudidas a los sacos sin afectar el funcionamiento de la máquina pesadora. Las boquillas para llenar los sacos de válvula pueden ser fácil y rápidamente destornilladas y substituídas por embocaduras para llenar sacos abiertos. De esta manera puede trabajarse con toda clase de sacos, sean de papel o yute, abiertos o cerrados. El soporte sobre el cual se colocan los sacos durante el llenado puede adaptarse fácilmente a cualquier longitud o tipo de saco.

De vez en cuando se llevan para llenar sacos de yute rotos, que por descuido no han sido remendados. La máquina está, al efecto, provista de un pequeño dispositivo, que puede ponerse en marcha a voluntad, para evitar pérdidas sensibles de cemento por los agujeros de dichos sacos. La pequeña cantidad de polvo vertida de esta manera queda, en seguida, automáticamente aspirada. Tal dispositivo funciona bien gracias a que las turbinas trabajan a presión relativamente baja. El mecanismo sacudidor está instalado de tal manera que puede ser fácilmente parado, cuando sea necesario llenar sacos más largos, en los que no haga falta asentar el cemento.

Una máquina cuádruple requiere tan sólo un operario, que se sienta frente a ella. No tiene más trabajo que adaptar los sacos de válvula a las boquillas, y accionando con la mano una palanca, poner la máquina pesadora en posición adecuada para que descargue sobre el saco que quiere llenarse. En el mismo instante, de otro de los cuerpos de la máquina cae automáticamente un saco lleno. La fig. 1 (pág. 578) indica la nueva máquina para llenar sacos. El único objeto de la palanca es descargar la máquina pesadora ya llena, para lo cual se requiere muy poca fuerza. Además, hay unos enclavamientos que hacen que el encargado no pueda variar la máquina pesadora hasta que contenga exactamente una carga de 50 kg (o el peso para el cual se haya dispuesto la máquina). De esta manera se asegura que el operario, trabajando al ritmo de la máquina, no puede entregar sacos a medio llenar. La máquina pesadora trabaja tan rápidamente que un hombre experto puede llenar fácilmente 900 sacos por hora. Para trabajar con esta máquina no hace falta que el operario emplee a la vez manos y pies.

La potencia requerida para accionar toda la máquina, o sea el tamiz, la válvula distribuidora, las cuatro turbinas y cuatro mecanismos sacudidores, es de 7 C.V., de modo que la fatiga del mecanismo es relativamente pequeña. La transmisión está enteramente englobada en el cuerpo de la máquina, por lo cual el coste de instalación es reducido.

La instalación se garantiza para 600 sacos por hora, con un solo operador, pero un buen operario puede entregar hasta 900 sacos por hora. El peso contenido en cada saco está garantizado dentro de un margen de tolerancia de 200 g. No obstante, en la prática, según se asegura, esta precisión resulta mucho mayor.

El que la máquina Andreas trabaje satisfactoriamente depende de: (1) La separación de los procesos de pesaje y llenado. (2) El uso de una máquina pesadora de precisión. (3) Un suministro abundante de polvo de cemento a la máquina pesadora. (4) La alta precisión de la construcción de toda la máquina. La cantidad sobrante de cemento, debida al exceso de la afluencia del mismo, puede ser conducida, bien al elevador principal del silo de alimentación, o si resulta más conveniente, al silo de almacenaje. Esta última disposición evita que el silo de alimentación quede demasiado lleno. Esta máquina debe, en todos casos, ir conectada a una instalación de aspiración de polvo, aunque se nos ha informado que el polvo producido durante su funcionamiento es tan poco que el operario casi no experimenta ninguna molestia, aun cuando no se haya tomado dicha precaución. El polvo aspirado puede inyectarse en un silo o un filtro depurador de polvo.

Es costumbre disponer que los sacos llenos, que se desprendan automáticamente de la máquina, caigan sobre un transportador. Éste conduce, en forma conveniente, al andén de carga, el cual, para evitar la necesidad de una correa transportadora demasiado larga, debe estar todo lo cerca posible de la máquina llenadora. Es de desear que la correa transportadora pueda ser reversible, ya que en determinadas condiciones ésto ayuda en gran manera a la rapidez de la carga. Desde luego, es posible trabajar sin transportador, y en este caso, la máquina tendrá su mejor emplazamiento próxima al andén de carga. Dos hombres sacan en tal caso los sacos llenos de la máquina, mientras un tercero los traslada con una carretilla desde la máquina llenadora al punto de carga. La fig. 2 (pág. 579) indica dos máquinas para llenar sacos en la fábrica de cemento. La máquina es de construcción sólida, como resulta esencial para una máquina que debe emplearse en una fábrica de cemento. La protección del mecanismo que imprime las sacudidas a los sacos se ha patentado en todos los países.

66.05
CEMA

UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY-CHEMISTRY

VOLUME 3. NUMBER 5. MAY 1930.

CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE

THE INTERNATIONAL FOUR-LANGUAGE CEMENT JOURNAL

MANAGING EDITOR: H. L. CHILDE. CONSULTING TECHNICAL EDITOR: S. G. S. PANISSET.

ENGLISH SECTION

PUBLISHED BY CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Published on the 20th of each Month. Price 2s. a copy. Annual Subscription 24s. post free.

PARTIE FRANÇAISE .. .. .. PAGE 713
DEUTSCHER TEIL .. .. SEITE 743
SECCIÓN ESPAÑOL .. .. .. PÁG 775

The Testing of Cement.

By Dr. C. R. PLATZMANN.

THE January and February numbers of CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE contained articles dealing with the testing of cement which merit particular attention, because in spite of disagreement in many other respects, they all recommend the unification of the various standard specifications. Since 1927, a number of articles[1] has been published alluding to the differences between the various standards—references to those of 27 countries have been made —and to the desirability of unification. Such a tendency is not new. For instance, the comparison of specifications in A. C. Davis's[2] excellent treatise published a few years ago, can only be construed as indicating that in his opinion this diversity is undesirable.

During the last few years the opinion has grown that the present methods of testing cement should be modified. Thus we have the sustained endeavours of Féret (of Boulogne) and Roš (of Zürich) to replace earth-moist mortars by plastic mortars; at the same time we have attempts to introduce methods of evaluating the properties of cement on the basis of its chemical composition, which would still more radically alter the system of testing. The presence in this latter camp of so renowned an expert as P. H. Bates of the United States Bureau of Standards must be noted; in 1927 he published an article " The Present Position regarding Research on Cement, and the Possibility of Producing High Strength Cements,"[3] in which he criticised the sensitivity and precision of present-day methods of testing, more particularly as regards rapid-

hardening and aluminous cements. In this connection reference must be made to a recent paper by A. I. Poole[4] in which, possibly for the first time, an experimental attempt is made to discover a relation between the strength and chemical composition of cement. This is the more interesting in that Dr. Haegermann, in Cement and Cement Manufacture,[5] opposes such a relationship.

Poole sets out from the hypothesis that tricalcium silicate is the important hydraulic constituent of Portland cement. The free lime formed on the hydration of this compound is estimated by titration, and from the results conclusions can be drawn regarding the seven-day strength of the cement. Although the time is by no means yet ripe for the incorporation of such methods in standard specifications, in view of the general dissatisfaction with the existing standards, serious attention should be given to developments in this direction. It is quite clear from the articles by Prof. H. Kühl[6] and Dr. Haegermann that the standard tests are inadequate and in need of improvement; English attempts to bring about a fundamental revision of their standard specification can only be read in the same sense.

But more important than the adoption of new methods of testing is the successful attainment of uniformity. Parallel with this there is room for international co-operation with the object of placing standard methods of test on an up-to-date basis.

The first specification to be formulated was the German one of 1878, which, with its later revisions, greatly influenced the specifications of other countries. It will be readily understood that this specification, by virtue of its tradition, is strongly adhered to in Germany; to it are due the improvements that have taken place in the quality of German cement, as well as of the cements of many other countries. On the other hand, national questions will no doubt induce other countries to adhere no less strongly to their own specifications.

Dr. Haegermann rightly indicates in his article that in the first place the use of different standard sands militates against agreement; at the same time he condemns the use of test-pieces of neat cement, and advocates the testing of plastic mortars, using sand of mixed grain size, as a desirable means of unifying the various specifications. Although Dr. Haegermann's contribution to the question of cement testing is of the utmost value, and his proposal must receive consideration, nevertheless it appears by no means to solve the difficult problem of standard sand, since the supply of a sand of mixed grain size, uniform in quality throughout the world, offers the same difficulties as the question of the present standard sands.

Further, the abolition of the tensile test on 1 : 3 mortar would seem to be a retrograde step. Although up to the present no definite relationship between crushing and tensile strength is known, it is desirable to try to discover such a relation, particularly as experience shows that tensile strength forms a valuable criterion of soundness. Cements with relatively high crushing strength and disproportionately low tensile strength are always open to suspicion of excessive expansion. Since, moreover, the present tendency is towards the greater use of the Le Chatelier and Michaelis accelerated tests for soundness, which fail to indicate unequivocally many causes of expansion, the rejection of the tensile test removes an essential safety factor, which even the possible inclusion of the bending test in the specification cannot replace. Added to this, the apparatus required for tensile testing is much cheaper than that for crushing tests, and since the concrete industry is now placing increased importance on the scientific control of its materials, all care should be

taken to avoid unnecessary difficulties and complications in the system of testing. Present-day cements are generally much higher in lime content than heretofore, and are thus much nearer the danger-point as regards soundness. Unnoticed irregularities in manufacture—in the grinding of raw materials and clinker or in burning—may give rise to serious results in the absence of the criterion afforded by the tensile test.

Specific gravity determinations can be dispensed with without further consideration, since, as Kühl points out in his article, low specific gravity is clearly indicated by other tests. The importance of fineness determinations has greatly diminished, since the existing sieves are no longer considered to give a correct idea of particle grading, particularly as regards the finest meal. The value of fineness tests is entirely problematic in the case of rapid-hardening cements. D. B. Butler's[7] contribution to this question in his article " Cement Past and Present " is convincing; in particular he makes it clear that air elutriation apparatus is of the utmost value to the cement manufacturer. For example, it is obviously absurd to standardise a 5 per cent. residue on the 76×76 per sq. in. sieve; Butler clearly shows from his own experience that the 1 per cent. residue laid down in the English specification corresponds no more nearly to practical conditions.

The essentials on which the quality of cement has up to the present been estimated are, as Dr. Haegermann states, precise definition, and standardised determinations of setting time, soundness, and strength. If these are satisfactorily specified, all other measurements are unnecessary or of minor importance.

Dr. Haegermann's conclusions on setting time may be accepted. It may, however, be regretted that he does not mention the desirability of consistency measurements such as are provided for in the Swiss, Austrian and Polish specifications. The introduction of such measurements promises more uniform results from the Vicat apparatus, which is greatly affected by fortuitous conditions. Until an automatically registering apparatus is available to replace the Vicat—and the many attempts in this direction have hitherto failed—we must be content with its imperfections. It is possible, of course, that an automatic instrument may be devised dependent on the heat evolved on setting, or that the chemical composition and setting time of a cement will be brought into relationship.

It cannot be denied that a rigid definition of initial set is necessary. The false set which has been discussed in Cement and Cement Manufacture on a number of occasions must in future be allowed for by accurate standardisation of the time of mixing. A regulation regarding final set could possibly be dispensed with (as indicated by Haegermann), but would nevertheless appear to be useful for the control of the hardening process, since the limits within which final set is wont to vary are known. Adulterated cements containing puzzolana, or composed of hydraulic lime and blastfurnace slag, frequently have an inordinately long setting time, and a standard limit for the final set offers a definite possibility of detecting such adulterations.

According to the most usual test for soundness, a cement pat is examined for cracks and deformation after 28 days under water; it may be objected, however, that the user is generally not in a position to wait four weeks. On the other hand the accelerated tests—which it is desirable to limit to the Le Chatelier and Michaelis—do not offer complete security against later expansion. Kühl's objections to modifications of the accelerated test, e.g., the Australian, merit careful consideration. For the rest, we must allow the accelerated

tests to have a provisional value, accepting the 28-day cold-water test as conclusive. The accelerated tests should, however, be considered in relation to a short-date strength test (2 or 3 days) requiring a definite ratio of tensile to crushing strength, e.g., 1 : 10; this will increase the factor of safety.

Strength tests have already been discussed. The most important remaining consideration is to decide whether the test-pieces should be prepared mechanically or by hand. The practice of hand preparation is customary in England, America, Canada and Jamaica, although there are variations in the method used. It must, however, unquestionably be considered inferior to the mechanical process, no matter how skilful the manipulators become by experience. Mechanical preparation necessarily results in greater uniformity in the test-piece; the equality of the blows ensures more uniform distribution of cement, sand and water. Even in England this opinion is held, as R. H. H. Stanger's[8] paper in Cement and Cement Manufacture indicates; he supports therein the introduction of the hammer apparatus into the English specification with the object of avoiding lack of uniformity. Again, in the discussion on one of D. B. Butler's[9] addresses on the same subject, the hope was repeatedly expressed that the mechanical preparation of test pieces would be adopted when the English specification was revised. Such a decision would be an important step in the direction of unification of the various specifications, especially when one considers the moral effect of England's position as the birthplace of the Portland cement industry. Canada and Jamaica would undoubtedly follow suit, and probably also the United States. Australia has already for some time specified the mechanical preparation of test-pieces. As regards the relative merits of the hammer apparatus and the Klebe ram, the former must be given the preference, since the ram gives much greater compression, and is in this respect further removed from practical building conditions than the hammer apparatus.

So far as possible practical conditions should be approximated to in all circumstances, so long as the precision of testing does not suffer thereby. From this point of view the rejection of tensile tests on neat cement appears desirable. Neat cement is not used in practice, and the sole object of standard testing is to provide the user with a measure of the quality of the material. The plea that it is cement and not mortar that is under test, or that the tensile test of neat cement assists in the detection of inferior cements, cannot be held valid: for in the first place precise definition protects against adulteration; second, the production of test-pieces of neat cement free from shrinkage cracks is difficult; and finally, the relationship which in my opinion connects tensile and crushing strength provides further protection.

In connection with the unification of specifications, the dates of the strength tests must also be fixed. General agreement exists as regards the 7 and 28-day tests. In the interest of the user a 3-day test should undoubtedly be established. The attainment of unity in this matter would not appear to offer great difficulties. If necessary, as has happened in Austria and is under consideration in England, it might be possible to introduce this in place of the 28-day test.

There can be no question that both tensile and crushing strengths indicate valuable properties of a cement. The bending test might be dispensed with to avoid unnecessary complication and expense, as this test represents no simple stress, but is a combination of compression and tension. The fact that increased importance is being attached to the crushing test in England is welcome.

Dr. Haegermann greatly favours the testing of plastic mortars. Certainly there are weighty arguments in its favour, particularly its close relation to

building practice and its independence of complicated apparatus for preparing the test-pieces. The strengths attained by plastic mortars are certainly less than those of earth-moist mortars, but there is no harm in that. Of late years the importance of high crushing strength has been exaggerated, especially when we consider its relation to tensile strength, which does not increase in the same proportion. The greatest difficulty in the introduction of plastic mortars lies in agreement regarding a standard sand of mixed grain size, and the provision of such a sand of uniform chemical composition in all parts of the world. Even if a test of this nature were internationally agreed upon, the various national interests would probably never agree to confer upon a single country a monopoly of this standard sand of the future.

The importance of the amount of water to be added and of consistency has been fully appreciated by R. H. H. Stanger[10] and Dr. Haegermann.[11] The latter indicates in his article in the January number of Cement and Cement Manufacture that he will make a further communication on this question.

It is gratifying that efforts in this direction of unified specifications will henceforth be assisted by the unparalleled medium for discussion offered by the publication of Cement and Cement Manufacture in four languages. The matter arouses interest throughout the world, and it appears likely that the various divergent views can be brought to agreement. To assist this object it is desirable that the various countries should be prepared to forego one or other of the tests now included in their specifications. Should, however, uniformity prove impossible, international standards should be issued which should be valid in all countries—side by side with the national standards—for the testing of imported cement. As an intermediate step such a suggestion is undoubtedly possible, and in my opinion ultimate unity can only be attained by degrees. The International Association for Testing Materials offers an opportunity for such a solution of the problem.

References.

[1] *Zement*, No. 45 (1927), pp. 1067-1073; No. 36 (1928), pp. 1335-1336; *Rock Products*, January 21st, 1928, p. 97; *Concrete*, Chicago, Vol. 32, No. 2 (1928), pp. 103-108; *J. Soc. Chem. Ind., Japan*, vol. 32, No. 8 (1929), pp. 797-807.
[2] A. C. Davis: *A Hundred Years of Portland Cement*, 1824-1924, pp. 191 *et seq.* Concrete Publications, Ltd.
[3] *Zement*, No. 34 (1927), pp. 753-757.
[4] *Zement*, No. 49 (1929), p. 1426.
[5] "The Testing of Cement": *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 3, No. 1 (1930).
[6] *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 3, No. 1 (1930).
[7] *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 3, No. 2 (1930).
[8] "The Testing of Portland Cement": *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 1, No. 1 (1928), pp. 14-15.
[9] "The Future of Cement Testing": *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 2 (1929), pp. 62-64.
[10] *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 1, No. 1 (1928), pp. 13-14.
[11] Ibid., Vol. 3, No. 1 (1930).

New Chilean Cement Works.

The American Consul at Antofagasta states that there is a proposal to erect a cement factory between Valparaiso and Santiago, not far from the plant of the Soc. Fabrica de Cemento El Melon.

The Entropy of Portland Cement.

By GEOFFREY MARTIN, D.Sc. (London).

Practical engineers are not apt to overlook the fact that when they are dealing with furnaces in which substances are made to undergo chemical or physical changes it is not only the quantity of heat which counts, but even more so the thermal pressure (or temperature, as physicists call it) at which the heat is delivered to the substance. For example, 100 British units of heat available at a thermal pressure of 212 deg. F. are much less valuable than 100 units available at, say, 2,600 deg. F. In the one case 100 units of heat will produce no cement clinker at all, and in the other case the 100 units of heat can be converted into an equivalent amount of clinker.

The ordinary thermal balance of the rotary kiln is practically valueless from a technical point of view, because the quantities of heat are all expressed as so many B.Th.U.'s without distinguishing whether these B.Th.U.'s are available at a high or low thermal pressure or temperature.

For example—when the flame temperature is only 1,481 deg. F. it is necessary to burn an infinite amount of coal in order to produce an ounce of clinker, whereas when the flame temperature is at its maximum of 5,370 deg. F. (2,966 deg. C.) we can produce 100 tons of cement clinker by the expenditure of only 6.36 tons of standard coal. With a flame temperature of 2,600 deg. F. we could produce 100 tons of clinker by the combustion of 24.8 tons of standard coal.

The writer claims that ignorance of this factor has been largely responsible for retarding progress in cement kiln construction during the last thirty years, and many costly experiments have been carried out which (it could have been predicted beforehand) were doomed to failure because the designers were unaware of this fundamental fact of thermodynamics.

Mathematical physicists express the fact that not only is the quantity of heat important, but also the thermal pressure or temperature at which it is delivered, by introducing the conception of "entropy." The change of entropy of a substance is measured by the quantity of heat which passes into the substance divided by the absolute temperature at which it passes in. In mathematical language, if ϕ be the change of entropy, Q the quantity of heat, and T the absolute temperature, then

$$\phi = \int_{1}^{d} \frac{Q}{}$$

The units of entropy are termed "Ranks" after the engineer Rankine, who largely developed the conception of entropy as applied to steam engine and boiler design.

The conception of entropy is of prime importance to the steam engineer. By its means problems in steam engineering are easily and rapidly solved which would be difficult, if not impossible, to solve by any other method.

The fundamental advances in the design of furnace boilers and steam engines within modern times largely sprang from the conception of entropy and available energy. The entropy tables published by Professor Callendar and others within recent years have made the necessary data accessible to all steam engineers. Of no less importance for correct cement kiln design is a knowledge of the magnitude of the entropy changes which occur at different stages of cement clinker formation.

Calculations on the thermodynamics of cement formation show that by suitable thermodynamic design an ideal kiln could produce 100 tons of cement

Change of Entropy of the Solid Materials which Occur in Making 1lb. of Portland Cement Clinker, Reckoned from 32 deg. as Zero.

Temperature. t Deg.F.	Temperature. T Deg.F.	Entropy. ϕ "Ranks."	Remarks.	Total change of entropy during different stages.	Total change of entropy during different zones.
32	492	0.00	—	+ 0.128	Drying zone, 0.124
212	672	0.124	—		
212	672	0.124 at beginning of 212 deg. F.	Evolution of water from hydrated silica	+ 0.006	—
		0.130 at end of 212 deg. F.			
212	672				Preheating zone, 0.447
312	772	0.189			
412	872	0.238			
512	972	0.282			
612	1,072	0.322			
712	1,172	0.358			
812	1,272	0.391			
912	1,372	0.422			
1,012	1,472	0.450			
1,112	1,572	0.477 at beginning of 1,112 deg. F.	Evolution of water from kaolin	+ 0.009	
		0.486 at end of 1,112 deg. F.			
1,212	1,672	0.510			
1,312	1,772	0.534			
1,412	1,872	0.556			
1,481	1,941	0.591			
1,481	1,941	0.591 at beginning of 1,481 deg. F.	Evolution of CO_2 from calcium carbonate	+ 0.418	Decarbonating zone, 0.418
		0.989 at end of 1,481 deg. F.			
1,481	1,941	0.989		—	Sintering zone, 0.0582
1,581	2,041	1.0033		—	
1,681	2,141	1.0168		—	
1,781	2,241	1.0297		—	
1,881	2,341	1.0420		—	
1,981	2,441	1.0539		—	
2,081	2,541	1.0651		—	
2,181	2,641	1.0761		—	
2,281	2,741	1.0864		—	
2,381	2,841	1.0967		—	
2,481	2,941	1.1063		—	
2,498	2,958	1.1080		—	
2,498	2,958	1.1080 at beginning of 2,498 deg. F.	Evolution of heat due to exothermic reaction of clinker formation	−0.0608	
		1.0472 at end of 2,498 deg. F.			

clinker by the combustion of 6.36 tons of standard coal (12,600 B.Th.U.'s per lb.), and that by modifying the design of kilns to conform to the changes of entropy in the raw material in different parts of the kiln, kilns very much more efficient than any now existing could be constructed. Practical kiln designers familiar with thermodynamic theory will welcome the table on page 679, in which I have calculated the change of entropy of the solid materials in making 1 lb. of Portland cement clinker reckoned from 32 deg. F. as zero. So far as I am aware, this is the first time that such tables have been calculated for the cement industry. No doubt more accurate tables will in future be made possible when the thermal data relating to cement formation have been more accurately determined.

The German Cement Industry in 1929.

ON February 27, on the occasion of the Berlin meeting of the German Cement Federation, Dr. H. P. Riepert, the President of the Federation, made the following statement relating to the past year:

While in 1928 the German cement industry, including the works independent of the Federation, marketed 8½ million tons, the early part of 1929 showed an almost complete cessation of sales due to the extreme winter. In April, however, this was followed by an unprecedented demand. Thus, while 1928 was characterised by a gradual growth of trade, the greatest extremes were experienced in the year 1929.

Although the 1929 sales of the works forming the cartel were 500,000 tons (or 7 per cent.) lower than those of 1928, nevertheless the total amount of cement marketed was 8,440,000 tons. This was due to the increased consumption of natural cements and of Portland cement produced by independent firms. The home consumption during 1929 was 7,370,000 tons.

The foreign trade in cement during 1929 compares unfavourably with 1928, as is indicated by the following figures:

	1928	1929
Imported into Germany ...	144,000 tons	154,000 tons
Exported	1,090,000 ,,	1,070,000 ,,

In spite of the increase in the costs of production in 1929 (chiefly due to coal and wages) the cartel was able to avoid increasing the selling price, even though, in the competition with foreign cement, with independent firms, and with natural cement, discounts had to be allowed in the most fiercely contested districts.

The present economic position must be regarded as unfavourable, since, in spite of the past mild winter, there are more than 2½ million unemployed in Germany, while the orders for 1930 from Government bodies, municipalities and the general public are below those for the preceding year.

The German cement industry is participating in the projected International Cement Bureau at The Hague. It is not proposed that this should be a commercial organisation, but rather a centre for the collection of statistics and for the advancement of the common interest, offering opportunities to its members for the mutual appreciation of the requirements of the industry.

The remaining questions dealt with by the meeting were of a domestic nature, such as the specific German requirements as regards the provision of dwelling houses, and the means of satisfying them.

Transporting and Elevating in Cement Works.

By A. C. DAVIS. M.Inst.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.
(Works Managing Director, Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.)

The many processes involved in the manufacture of Portland cement often necessitate a large amount of elevating, conveying and transporting. The delivery of the raw materials from the quarries is usually effected by railway or ropeway, but the raw material must be conveyed from the preliminary storage to the mills, from the mills to the silos or mixers, and then to the kilns; the clinker from the kilns to the stores and from the stores to the mills; the finished cement from the mills to the warehouse, silos, or equivalent, and so on. Elevating is also necessary in many stages of the process.

With soft raw materials mixed by the wet process the chalk and clay are usually delivered direct into the preliminary washmill, but for dry raw materials

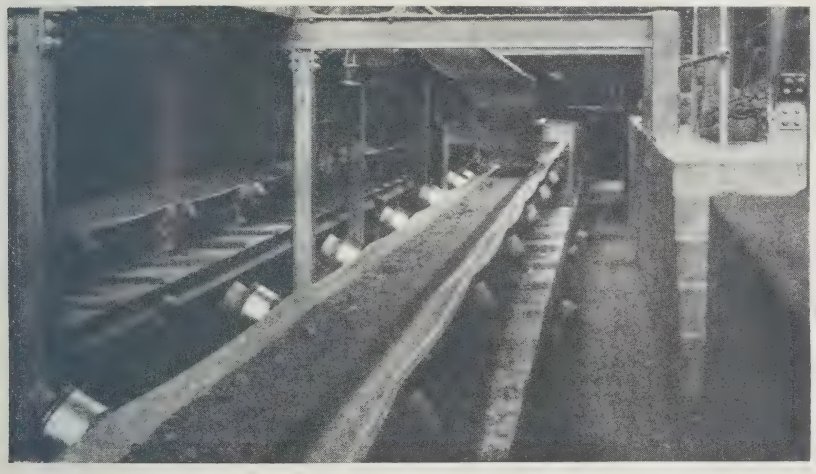


Fig. 1.—Belt Conveyor.

the conveyors from storage are usually of the band or belt type (Fig. 1), troughed where necessary to increase their capacity, and uncovered; owing to the nature of the material there is no necessity to enclose them. Conveyors are sometimes installed at a rising gradient where the height is small, to operate as elevators as well as conveyors. The maximum inclination for duty of this kind would be 30 deg., but this steepness should be avoided if possible. The usual linear speed would be, say, 200 ft. per minute for inclined belts, and up to 350 or even 400 ft. per minute for horizontal belts.

The feeding of belt conveyors is usually accomplished by a mechanical device (Fig. 2) with the object of obtaining a layer of material of uniform thickness, and the belts are fitted with a skirt-board for a distance of 6 to 10 ft., at the feed end to prevent spillage of the material. Belts heavily loaded are supported upon rollers 3 or 4 ft. apart; this dimension may be increased if the belts are less heavily loaded. Discharge is usually, but not necessarily, effected at the end of

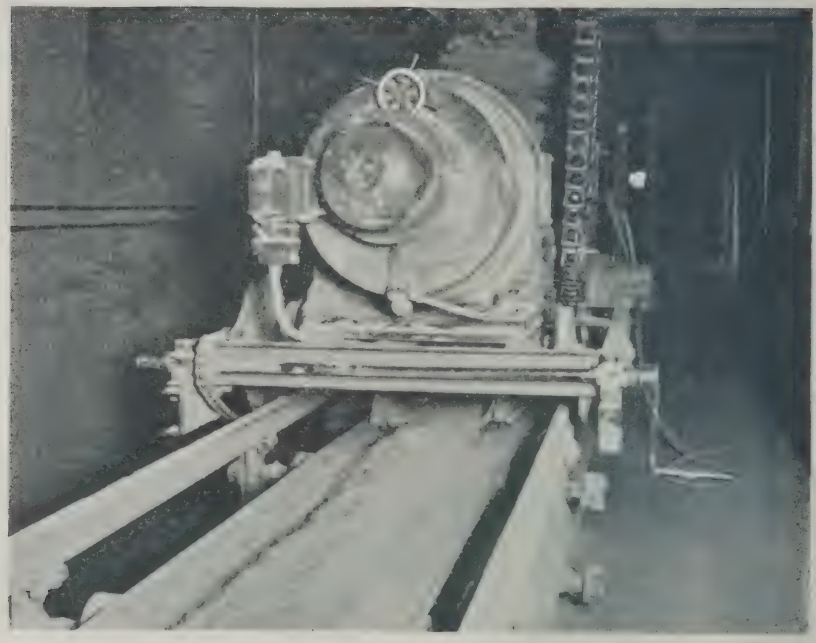


Fig. 2.—Extracting Gear under Silos.

Fig. 3.—Belt Conveyors and Motor Driven Trippers.

the belt, delivery taking place on a chute into a hopper or otherwise, as required. Intermediate throw-offs are arranged when the material is to be delivered on one side or other of the belt at any intermediate position. This throw-off attachment is movable, and supported upon track wheels which in turn are supported upon the same framework as the belt rollers (Fig. 3).

Driving is effected by an electric motor with reduction gear, or by a belt and spur gear. The driving end is usually fixed to the supporting framework, the provision for adjustment for variation in the length of the belt, etc., being made at the far end. If the temperature variation of the material conveyed is small, screw adjustment only need be provided; if, however, the temperature variation is considerable, automatic adjustment must be arranged; this is usually obtained by means of a heavy balance-weight.

Fig. 4 shows a belt conveyor transporting raw material: (*a*) the feed end with hopper and skirt boards; (*b*) the discharge end; (*c*) an intermediate throw-off; (*d*) a cross section through A A showing the troughing of the belt.

Elevators are generally of the bucket type, operating within totally-enclosed casings. Where the material is abrasive it is more usual to use belts as the flexible medium, but link chains are used where the material is not so abrasive. Belts may be either of the woven or canvas type; the latter would be made up into as many plies as necessary for the duty, load, and power. If the material is very abrasive, canvas belts should be protected with a layer of rubber on both surfaces. The buckets may be arranged at from 12-in. to 36-in. centres; where the duty is comparatively small the larger dimension, and where large the smaller dimension, would be adopted. For very heavy duty it may prove necessary to place the buckets as close together as possible without interfering with the discharge.

Chain type elevators are adopted for the heaviest loads, up to 200 tons per hour. Under these conditions the bucket capacity must be large; the buckets should be closely placed to obtain continuous discharge, and the chain must be amply strong.

Where belts are used the speed may be up to 400 or 450 ft. per minute, the exact speed depending upon the diameter of the head pulley. With chains the speeds should be considerably below this figure. It is easier to take advantage of centrifugal discharge effect in using belts than in using chains.

The lip at the elevator head plays a very important part in controlling the discharge of any type of elevator. The edge of the lip should be set in such a position with reference to the bucket as it commences its downward motion that the minimum amount of return into the boot is assured.

Fig. 5 shows two views of a bucket-type elevator: (*a*) the material entering the boot and being dredged by the buckets; (*b*) the upper part with discharge and lip plates.

In dealing with finished or partly finished material the same general principles apply, but the work may be carried out in a different way. Bucket conveyors (Fig. 6) and shaker conveyors (Fig. 7) are frequently used for clinker. In the raw material stage the amount of "fines" is very small, and, speaking generally, it is not always necessary to enclose either the elevators or the conveyors. Further, it is not possible to use spiral conveyors for the duty owing to the rapid wear and tear. In the final stages of manufacture spiral conveyors are used owing to the facility with which they can be totally enclosed, and their dustless operation.

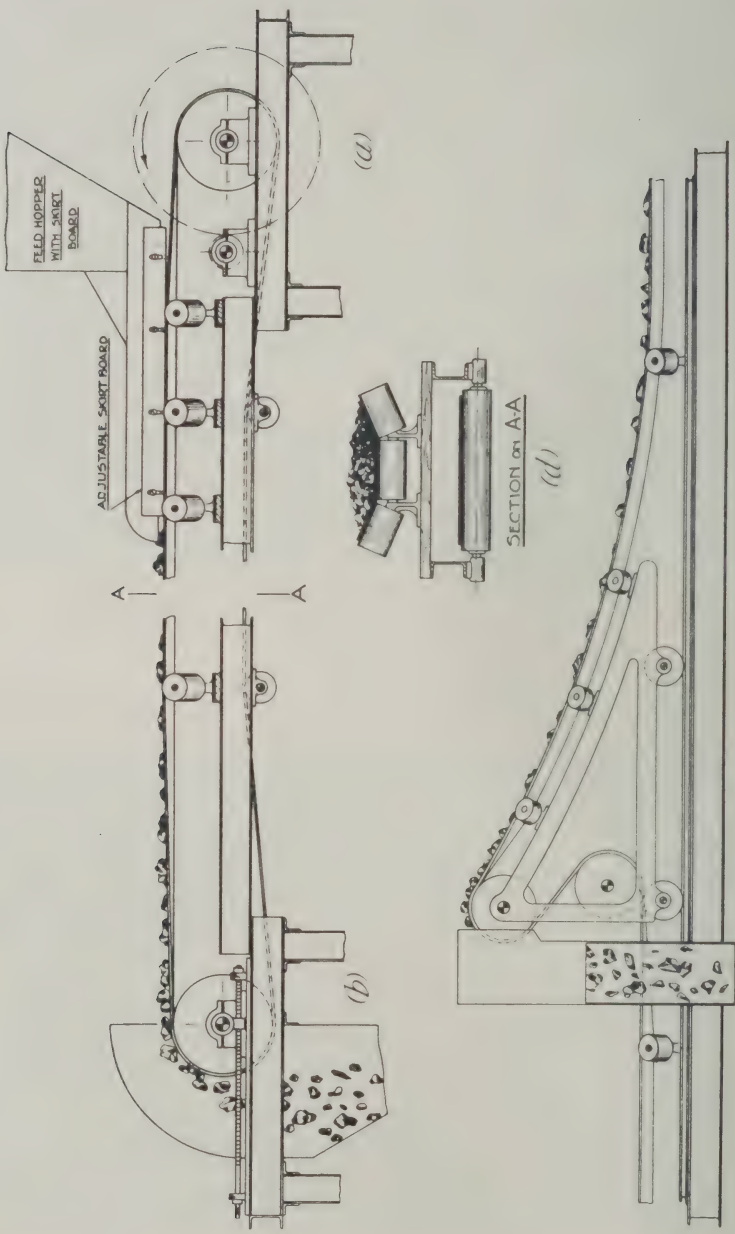


Fig. 4.—Belt Conveyor.

Spiral conveyors are manufactured in sizes from 6 to 24, or even 30 in. diameter if the quantity to be transported is large enough to warrant it. Usually the centre shaft is made of fairly heavy solid-drawn steel tube, and the blading is attached to this tube by welding or by a special form of palm bolt. The usual length of each piece of spiral is 10 or 12 ft., and successive lengths are connected by a supporting journal, which in turn is supported by its bearing attached to, or supported upon, the casing in which the spiral rotates. This casing may be either of sheet steel or cast iron; if, however, the spiral is to be

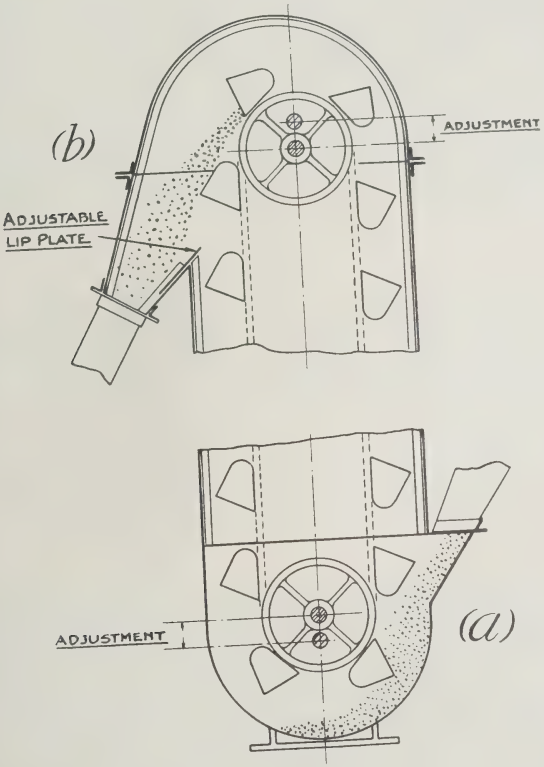


Fig. 5.—Elevator.

positioned in or beneath the floor, the casing may be of concrete formed *in situ*, the bearing supports being provided in the same way.

Fig. 8 shows a typical spiral conveyor: (*a*) a longitudinal section; (*b*) a cross section showing a mild steel casing; (*c*) a similar section in concrete casing.

The usual speed of the spirals varies from 100 r.p.m. for the small size to, say, 50 r.p.m. for the 15-in. size, and, say, 30 r.p.m. for the 24-in. size. The 6-in. size at a suitable speed would convey up to 5 tons per hour without difficulty; the 24-in. would convey up to 100 tons per hour. Owing to the constant stirring-up effect of the spiral, it is necessary totally to enclose it, whatever the type of casing. Mild steel casing usually has a cover of sheet steel bolted down to the

Fig. 6.—Bucket Conveyor.

angled edges of the trough. In the case of concrete, it is usual to cover the spiral by chequered floor-plate weighing, say, 10 or 12 lbs. per sq. ft., and the weight is sufficient to keep this plate in position.

It is desirable to keep the surrounding atmosphere free from dust, and to effect this the conveyor casing, whether of steel or concrete, may be subjected to a slight negative pressure by an exhausting fan. This fan withdraws from the casing whatever amount of air is necessary to produce a slight draught inwards.

Fig. 7.—Shaker Conveyor.

Sometimes the casing is enlarged at the top and takes the form of an inverted trough, thus forming a hood and increasing the air space.

Band conveyors are rarely used for finished cement owing to the dusty atmosphere caused by the discharge. Where this type of conveyor is adopted for this purpose it is necessary totally to enclose both the feed and the discharge end to reduce the dust trouble.

Elevators, especially the larger sizes, are troublesome when dealing with a highly-floured material. Whenever possible they should be of the continuous-bucket type (Fig. 9) operated at comparatively low speed, and the capacity obtained by bucket size rather than bucket speed. Chain belts are in common use for this duty, and the wear and tear have not proved abnormal. Malleable iron links with manganese steel bushes and pins are the materials mostly used, and the performance of parts made of these materials has proved satisfactory.

Since silos have come into general use for the storage of finished cement a new difficulty has arisen, namely, the abnormal height of lift. Silos are frequently up to 100 ft. high and although it is possible to design an elevator for a

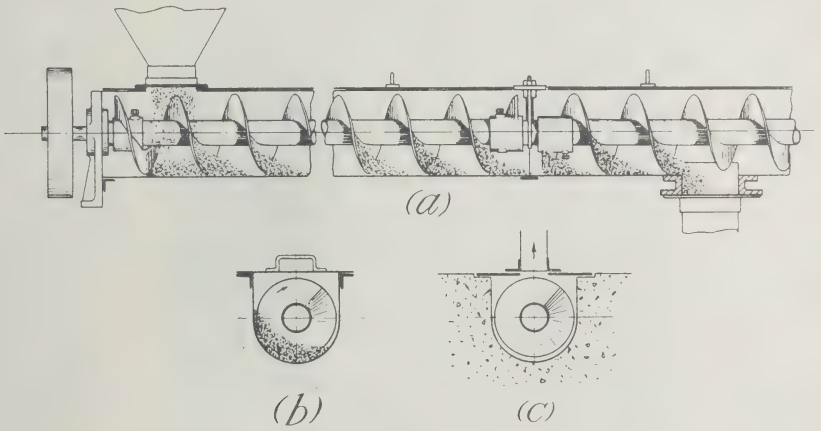


Fig. 8.—Spiral Conveyor.

100-ft. lift it would probably prove more satisfactory to deal with the total height in two lifts; the discharge of the lower elevator would then be arranged to deliver into the boot of the upper elevator.

For the duty of elevating to silos there are now two pneumatic methods of transporting floury material: (1) the Fuller-Kinyon pump, in which the air pressure is greater than that of the atmosphere, and (2) the F.L.S. transport system, in which the air pressure is lower than that of the atmosphere. Mild steel pipes are used for both, and the cement is conveyed through these pipes after being mixed with a suitable quantity of air. The amount of air necessary would be 300 to 800 cu. ft. of air per ton of cement; the quantity would depend upon operating conditions.

The Fuller-Kinyon pump is made of a strong spiral rotating at a very high speed in a totally-enclosed casing. The cement is fed into the casing at the inlet end of the spiral and discharged into the pipe-line at the remote end; when discharging, it is intimately mixed with high-pressure air through the medium of a flange with a large number of holes. As the direction of flow of the air is

in agreement with the desired flow of the cement, the cement-air mixture thus flows at high velocity (60 to 80 ft. per second) through the pipe-line, and is discharged at the remote end. No difficulty of any kind arises in transporting through a vertical pipe-line; difficulties may, however, arise in transporting up a rising gradient or in a horizontal line, owing to the tendency to drift if the air velocity or air quantity is too low. A velocity of 60 ft. per second is possibly on the borderline of trouble and should be adopted only for very short pipe-lines. A velocity of 80 ft. per second appears safe for most conditions, but in very long lines the quantity and velocity should both be increased. This means

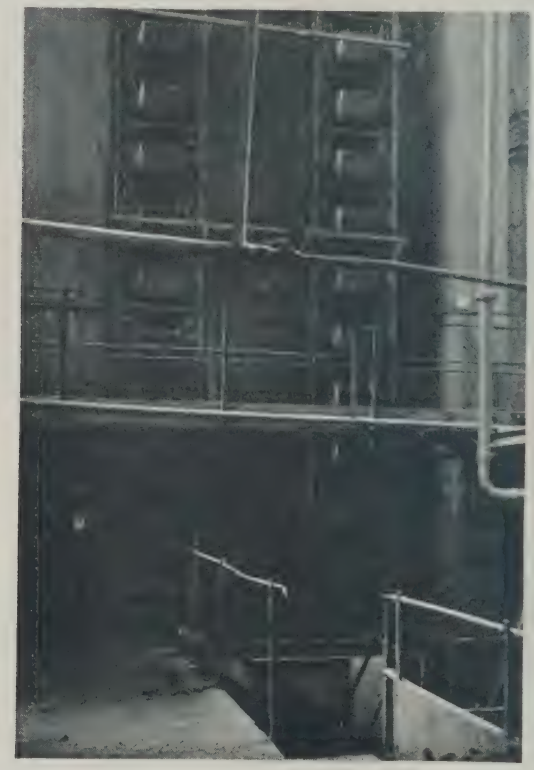


Fig. 9.—Bucket Elevator.

of transport is already in use in pipe-lines up to 3,000 ft. in length. The system may be especially advantageous for transport lines which are not straight, and for this reason it can often be used where normal conveying and elevating systems would be impossible.

Fig. 11 shows one of these pumps, and Fig. 10 is a section:—(*a*) the casing; (*b*) the feed inlet; (*c*) the spiral; (*d*) the driving motor; (*e*) the coupling; (*f*) the air ring; (*g*) the discharge opening; (*h*) the beginning of the pipe-line.

The power figure and cost of this method are naturally high for short lengths of transport, but where the length of transport is considerable and the difficulties abnormal it has in many cases proved economic and successful. Compressed

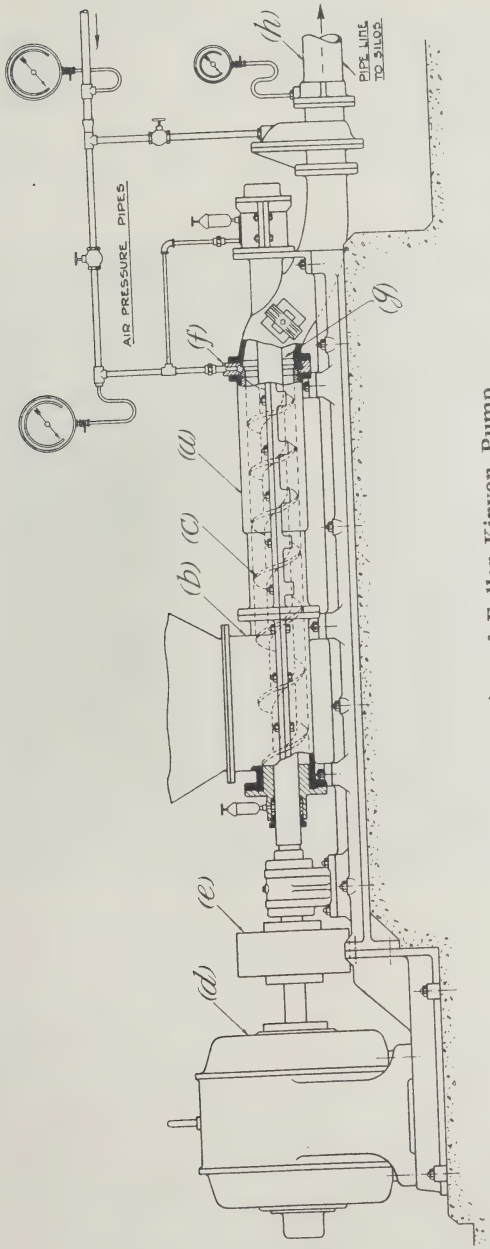


Fig. 10.—Section of Fuller-Kinyon Pump.

air is convenient for many operations and particularly for use in that referred to, but owing to the low efficiency of the compressor it is costly to produce.

The F.L.S. system is operated in a different way. It is usual to have two containers, each of 2 or 3 tons capacity, depending upon the capacity of the plant. Each container is connected through a series of pipes and valves to the tank or equivalent to be emptied, to the silo or store to be filled, to an exhauster, a compressor, and to the pipe-line. The containers are filled alternately, from the silo or tank, by the exhausters. They are emptied in the same way by the compressor, delivery being effected to the store or silo. By having two containers the process can be practically continuous, for while one container is

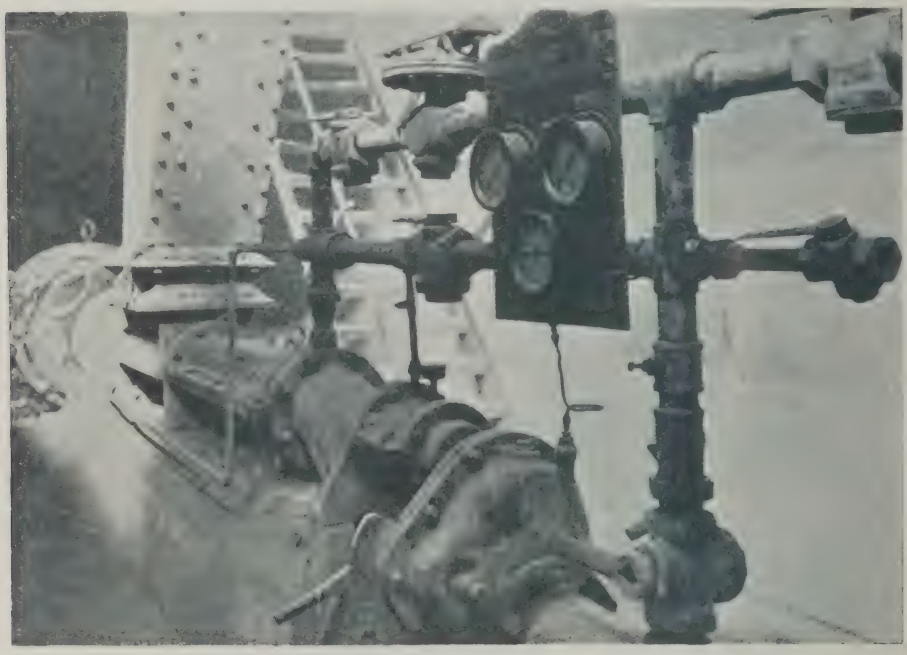


Fig. 11.—Fuller-Kinyon Cement Pump.

being filled by the exhauster the other is being emptied by the compressor. Care and attention are necessary to prevent leakage through one or other of the many valves and pipes.

This method of transporting is more or less in its infancy, but it has already proved possible to transport up to 30 or 40 tons per hour in this way. Some plants of this type are being erected in England.

In the Fuller-Kinyon system the cement is fed into the pump by external means, and the pump spiral with the addition of compressed air effects the transporting. In the F.L.S. system the cement is drawn into the container by the exhauster unit, and discharge is effected by the compressor unit. It is not possible to obtain general figures for power for the latter system. For the pumping system the power necessary may be anything from 3 to 5 B.H.P. per ton for a height of lift of 100 ft. with a total pipe length of 500 or 600 ft.

The Latest Developments of the Japanese Cement Industry.

An extensive paper by M. Fujii deals with the present position of the Japanese cement industry, a subject which has already been dealt with in Cement and Cement Manufacture on a number of occasions.* Up to the present, however, no communication has appeared here relating to the quality of Japanese cement as defined by the standard specification, nor to the economic development and organisation of the industry. The first Japanese standard specification was made compulsory in 1905 by a decree of the Minister for Agriculture and Commerce. It has since been three times revised, in 1909, 1919 and 1927. Table I gives a summary of the development of the specification.

TABLE I.†

Date.	Specific gravity.	Fineness.		Room temp. °F.	Setting time.		Soundness tests.
		Sieve, in.	Residue, per cent.		Initial, hours.	Final, hours.	
Feb., 1905	—	76 × 76	10	—	1	10	Cold water, boiling and kiln tests.
Dec., 1909	—	76 × 76	5	—	1	10	Cold water and boiling tests.
June, 1919	3.05	76 × 76	3	—	1	10	,,
April, 1927	3.05	180 × 180	17	59—77	1	10	,,

Date.	Tensile strength, lb./sq. in.			Crushing strength, lb./sq. in.	Standard sand.	Analysis.		
	Neat cement.	1 : 3 mortar.		1 : 3 mortar		Loss on ignition, per cent.	MgO, per cent.	SO_3, per cent.
	7 days.	7 days.	28 days.	28 days.				
Feb., 1905	350	100	215	1,700	Tokyo	—	3	2.0; 1.5 for marine work.
Dec., 1909	350	115	230	1,700	,,	—	3	,,
June, 1919	430	140	255	2,000	,,	5	5	2.5; 1.5 for marine work.
April, 1927	570	200	300	3,000	Soma	4	3	2.0

The low strengths specified prior to 1919 were necessary owing to the use of the Tokyo standard sand. This sand, which consisted of two grain sizes, was obtained by crushing quartzite and grading between three sieves having approximately 20, 30 and 40 meshes to the linear inch. After the introduction of the new Soma standard sand (a quartz sand of uniform grain size, graded between the 20 and 30 sieves), considerably higher strengths were attained, which were first incorporated in the specification of April, 1927. The following

*Cement and Cement Manufacture, Vol. II, No. 7 (1929), pp. 204/205; Vol. III, No. 2 (1930), pp. 308-311.

† The original specifications are in metric units, which have been approximately converted into British units to aid comparison.

synopsis gives an approximate comparison of the strengths obtained with the present Japanese standard sand and the German and American standard sands.

Standard sand.	Tensile strength.	Crushing strength.
Japanese	100	100
German	97.2	96
American	103.8	107.2

Since there is up to the present no public cement testing establishment in Japan, we must utilise the figures published by the Technical Association of Japanese Portland Cement Manufacturers, to enable us to form an opinion on the quality of Japanese cements. Table II gives a general idea of the improvement in quality since 1924.

TABLE II.

Test.	Feb.—June, 1924.	January, 1928.
Number of cements tested	31	28
Residue on 180 sieve	10.04 %	3.7 %
Specific gravity :—		
Air dried	3.121	3.144
Ignited	3.160	3.181
Setting time :—		
Water	25.1 %	25.9 %
Initial	3 hr. 49 min.	2 hr. 53 min.
Final	7 hr. 9 min.	4 hr. 34 min.
Room temp.	60.8 ° F.	68 ° F.
Tensile strength, lb./sq. in. :—		
Neat 7 days	925	1,086
1 : 3 mortar 3 ,,	—	408
1 : 3 mortar 7 ,,	351	471
1 : 3 mortar 28 ,,	439	552
Crushing strength, lb./sq. in :—		
1 : 3 mortar 3 days	—	4,579
1 : 3 mortar 7 ,,	3,640	6,320
1 : 3 mortar 28 ,,	5,048	8,003
1 : 3 mortar 34 ,,	—	9,050
Standard sand	Soma	Soma
Chemical analysis :—		
Loss on ignition	1.42 %	1.09 %
Insoluble residue	0.53 %	0.36 %
SiO_2	22.30 %	22.09 %
Al_2O_3	6.77 %	5.66 %
Fe_2O_3	3.32 %	3.16 %
CaO	63.00 %	64.79 %
MgO	1.25 %	1.26 %
SO_3	1.27 %	1.23 %
Moduli :—		
SiO_2/Al_2O_3	3.29	3.90
SiO_2/R_2O_3	2.21	2.50
Al_2O_3/Fe_2O_3	2.04	1.79
Hydraulic modulus	1.92	2.07

It will be noted that the special characteristics of the Japanese cements are their relatively high silica content, their low alumina content, and the high strengths attained.

The fact that Japanese cements attain strengths over double those required by the standard specification has led the Technical Association of Japanese Portland Cement Manufacturers to propose as recently as 1928 a further revision of the specification, in which the following changes are suggested:

(1) Fineness: 12 per cent. residue on the 180 sieve.

(2)

Strength after	Tensile 1 : 3 mortar.	Crushing 1 : 3 mortar.
3 days	215 lb. per sq. in.	2,125 lb. per sq. in.
7 ,,	285 ,,	3,125 ,,
28 ,,	350 ,,	4,275 ,,

The organisation and economic development of the Japanese Portland cement industry is controlled by three associations: (1) the Technical Association of Japanese Portland Cement Manufacturers; (2) the Japanese Portland Cement Association; (3) the Japanese Cement Union. The Technical Association is a scientific organisation formed in 1909, which includes almost all the cement works. It has three sub-committees (the Standard Specification Committee, the Standard Sand Committee, and the Concrete Committee), and it holds general meetings at which reports and papers are communicated by members. The most important tasks undertaken by the Association have been the establishing of a uniform testing procedure and of the present standard sand.

Almost all cement works are also members of the Cement Union. This is a purely economic organisation, which every three months issues regulations limiting production. The existence of this ring, whose control may be expected to tighten as time goes on, results in the stabilisation of prices, whereby the financial position of the participating firms is rendered much more satisfactory.

The chief market for cement in Japan is the east coast. Climatic conditions are so favourable that seasonal fluctuations are not nearly so pronounced as in Europe and North America. Table III shows the seasonal variations in the amount of cement used in Japan. The monthly output ranges between 6.5 per cent. and 9.5 per cent. of the annual output, as compared with 3.0 per cent. and 12.0 per cent. in Germany and 4.0 per cent. and 11.5 per cent. in North America.

TABLE III.

Monthly Percentages of Total Annual Output.

	Japan. per cent.	Germany. per cent.	N. America (Average of last six years). per cent.
January	6.5	3.0	4.0
February	6.5	5.0	4.2
March	8.0	8.0	6.4
April	9.0	8.0	8.6
May	9.0	10.0	10.3
June	8.5	10.0	10.8
July	8.5	12.0	11.1
August	8.5	12.0	11.5
September	8.5	12.0	11.0
October	9.5	12.0	10.6
November	9.5	5.0	7.2
December	8.0	3.0	4.5

The Japanese figures for restriction of output are given in Table IV:—

TABLE IV.

	Maximum restriction of output. per cent.	Average restriction of output. per cent.
June-August, 1928	32	27.6
September-October	26	22.8
November	30	26.4
December-February, 1929 ...	35	29.8
March	33	30.0
April-May	26	23.7

Taking the exported cement into account, the factories are working very nearly at full capacity. The capacity coefficients for the last few years are:

	No. of Works.	Capacity Factor (Average value). per cent.
1925	26	83.1
1926	30	92.0
1927	30	92.5
1928	30	93.5

Up to the present, reliable statistics for the distribution of output among the various types of work have been lacking. The following approximate figures are, however, available:

	per cent.
Railways	13.9
Water power works	10.3
Harbour works	3.0
Roads and bridges	6.2
Various public works	9.3
Public buildings and dwelling houses	23.6
Mines	1.0
Cement products	2.2
Private use	29.7
Miscellaneous	0.8

In spite of the fact that Japan is fourth on the list of cement producing countries, the consumption per head of population is relatively low, as is shown in the following table.

Consumption of Cement per Head of Population per Annum.

	Barrels.		Barrels.
Belgium ...	2.0	Italy	0.6
N. America ...	1.46	England ...	0.47
Denmark ...	1.0	France ...	0.43
Norway ...	0.8	Japan	0.3
Germany ...	0.7		

The present low consumption is, however, the best guarantee for the future development of the Japanese Portland cement industry.

OBITUARY.

The death is announced of Mr. Myram Hance Hammond, Vice-President of The Great Lakes Portland Cement Corporation, which occurred on March 5th, 1930.

The Polish Cement Industry.

By ANTONI EIGER.

The Polish cement industry has developed considerably from the year 1910. After the great war there were 16 cement plants in Poland, most of them situated in the south-western corner of the Republic, on the Cracow-Wielun ridge of Jura chalk, in the neighbourhood of the Dabrowa, Cracow, and Upper Silesian coal basin, as shown in Fig. 1. The Ros, Firley, and Zdobunów plants, situated in eastern Poland, were partially or totally destroyed during the war, after which they were gradually rebuilt, and again started operations in 1923, 1926 and 1928 respectively.

The increase of the production capacity of the plants has been very rapid. Development was slow in the years 1918-24 owing to the Russian-Polish war

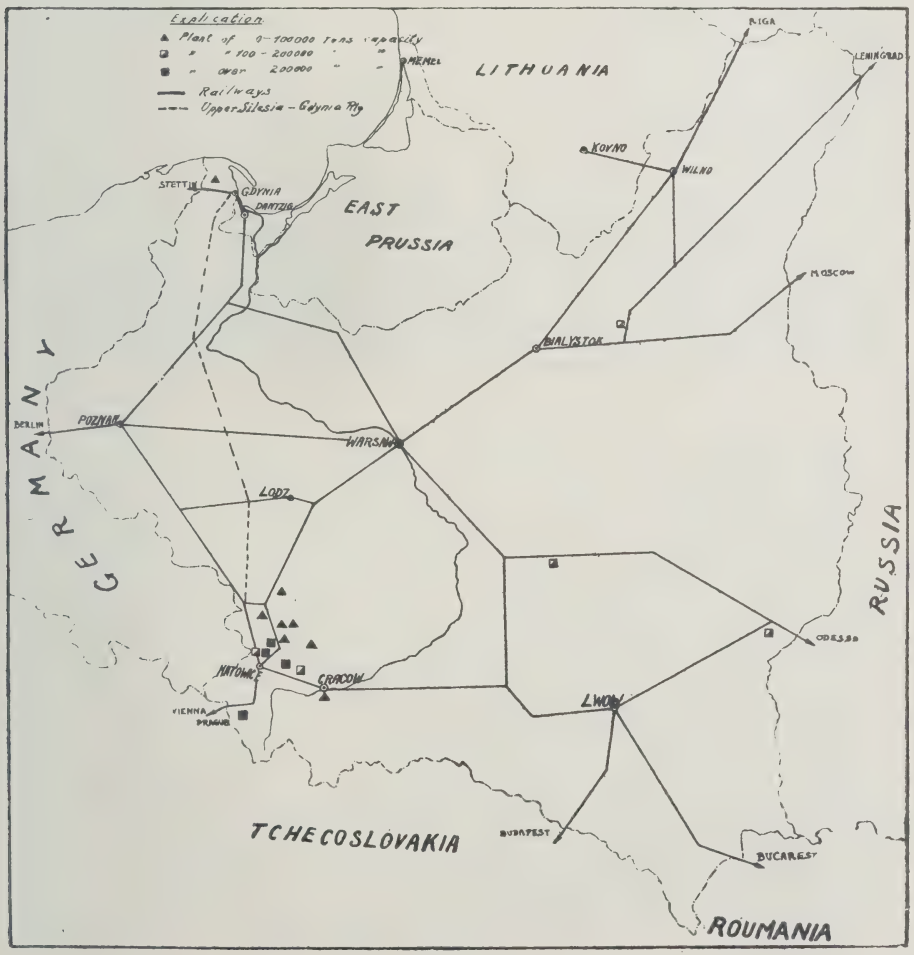


Fig. 1.

and the financial troubles of the young State. The sales have increased from less than 200,000 tons a year in 1920 to 1,000,000 tons in 1928. The capacity of the factories has increased from about 750,000 tons in 1919 to 1,000,000 tons in 1925, 1,250,000 tons in 1927, and 2,000,000 tons in 1928.

The capacity curve runs nearly parallel to the curve of demand. During the year 1929 the cement producers, encouraged by the good market of 1928, put in hand big enlargements of their plants, and the construction of a new plant of 150,000 tons capacity was also started last year. The consumption of cement is relatively very small. It reaches a little more than 30 kg. per head, while in Germany this figure is about 100, and in the U.S.A. more than 200 kg., so that there is much scope for increased demand.

As a result of the great recent development of the industry nearly all the Polish plants have up-to-date equipment. The percentage of production by plants not equipped with rotary kilns has decreased from 13.3 per cent. in 1920

Fig. 2.

to 3.9 per cent. in 1929. The percentage of production made by different kilns is: rotary kilns (wet), 76.0; rotary kilns (dry), 17.6; automatic shaft kilns, 2.5; shaft kilns, 3.9.

The raw materials are: limestone and clay, 74.0 per cent.; chalk and clay, 13.5 per cent.; natural marl, 12.5 per cent. Natural marl is used by three works, but has to be corrected by a small proportion of chalk or clay. All works use pulverised coal for heating the kilns.

The insufficient demand in the Polish market has forced the Polish manufacturers to look for foreign expansion, but they are handicapped by the geographical position of the country. As already mentioned, the greater part of Polish cement production is in the south western part of Poland, which is over 400 miles from the sea. Another difficulty until recently was due to the fact that there were but very few direct shipping lines from Danzig and Gdynia, which meant that cement for abroad had to be loaded on to the railway, shipped at Danzig or Gdynia, and in many cases trans-shipped at Hamburg or Antwerp, so that foreign trade was almost impossible. This state is now changed owing to the rapid development of Gdynia, which is now connected by direct lines with India, South America, the U.S.A., and the Near East, so that cement can be shipped direct to these countries. Another great advantage will result from the opening of the Upper Silesia-Baltic Railway, which will be finished in 1932.

Fig. 3.

The following figures show the export shipments of Polish cement. The principal markets are the Baltic States, South America, the Straits Settlements and the Near East: 1924, 29,600 tons; 1925, 11,800 tons; 1926, 41,100 tons; 1927, 150,436 tons; 1928, 95,294 tons.

Combination in the industry has proceeded rapidly in the last three years. In 1926 there were two groups owning 45 per cent. of the total production, while the remaining 55 per cent. was divided among thirteen companies. In 1927 three groups owned 67 per cent., 33 per cent. being owned by eleven companies. In 1928 the three groups increased their production to 85 per cent., leaving 15 per cent. to eight independent units. Finally in 1929 two groups controlled 90 per cent., while the remaining 10 per cent. belongs to four companies.

The sale of cement for both inland and foreign markets is carried out by Centrocement, Ltd., of Warsaw, which acts as sole representative agent for

Fig. 4.

all Polish works. A special department of the Centrocement Co. carries on propaganda on the uses of cement, and thus contributes to the enlargement of the local market.

Fig. 1 is a map showing the distribution of cement works in Poland; Fig. 2 is a general view of the Rejowiec works; two 235 ft. by 10 ft. and one 150 ft. by 8 ft. kilns at the Wysoka works are shown in Fig. 3; Fig. 4 is a view of work being carried on at night in a Polish quarry by the aid of a searchlight.

Book Review.

"**Guide pratique du chimiste dans l'industrie du ciment.**" By Constantin Tsountas. Pp. 102. Paris: "Revue des Matériaux de Construction." Price 20 fr.

There are three classes of readers to whom a guide of this description should be useful: first, trained chemists desiring to enter the cement industry who have no practical experience of the manufacture; second, untrained assistants to works chemists who aspire to more responsible posts; and third, managers or superintendents of cement works with little chemical knowledge who seek sufficient information to enable them to ascertain whether the works chemists are exercising proper control over the manufacture. The book gives methods of chemical analysis of cement and its raw materials, including rapid lime determination. Routine tests for slurry and flue gases are described, and methods of testing fuels, lubricants, and water are included. No information is given as to what constitute good or bad flue gases or fuels or lubricants, so that the intelligent reader would ultimately be forced to seek other text-books for the purpose of interpreting results obtained by the guidance of this volume.

A procedure for ascertaining the "burning value" of cement raw-material mixtures is described, and a standard has been set up to distinguish good slurries or raw meals from those not likely to give satisfactory results after burning in the rotary kiln. The method is to heat a gramme of the raw-material mixture for 30 minutes at 950 deg. C. and to determine the insoluble matter in the calcined product. If this does not exceed 8 per cent., good results in practical burning may be expected; above this figure burning would be difficult, and above 12 per cent., practically impossible.

Objection must be made to the method described for determination of free lime in cement, involving as it does the treatment of the cement with *aqueous* sugar solution.

The determination of insoluble residue in cement is on unusual lines, the soluble silica being deliberately gelatinised and the subsequent solution of this silica being effected by washing with sodium carbonate solution on the filter paper. The more orthodox method is to dissolve the cement in such a way as to avoid precipitation of the silica and to boil the residue in sodium carbonate solution. The same process is given for determining insoluble residue in limestone and marl, but it is difficult to understand of what value such a determination can be.

In coal analysis, estimation of moisture content is specified at 70 deg. to 80 deg. C., a process certainly not conducive to accuracy; the standard method of coal analysis recommended by the Fuel Research Board includes a temperature of 105 deg. to 110 deg. C. for the moisture test.

Good advice is given to the chemist on such matters as the personal supervision of sampling, the written notification of defects in grinding and burning to those responsible for the processes, and so on. The cement works chemist's work is wasted unless he enforces attention to his recommendations.—S.G.S.P.

The Rotary Kiln in Cement Manufacture.—IV.

By W. GILBERT, Wh.Sc., M.Inst.C.E.

COAL AND CLINKER MEASUREMENTS.

Referring to Col. 7 on the Test Sheet it will be seen that the raw coal weighed out during the test was 282.8 tons. It is convenient for calculation purposes to express all coal quantities as " reckoned dry "; in this case the conversion is made as follows:—

	Tons.
Raw coal weighed out during test	282.80
Deduct moisture, 1.85 per cent.	5.20
Coal weighed, reckoned dry	277.60

Contra Account.—To be deducted there is a loss of 5.58 tons of coal from the drier as volatile matter and dust (this will be dealt with later), an allowance of 2.35 tons for a higher level in the fine-coal hopper at the end of the test, and an estimated allowance of 5.87 tons for warming up the kiln every three hours after the stops to take the coal by-pass readings. All these quantities are reckoned dry, and their total is 13.80 tons; hence the correct figure to take for the weight of dry coal used by the kiln is $(277.60 - 13.80) = 263.80$ tons.

Clinker Made.—The total clinker weighed out, including the spill at the cooler end, was 928.9 tons. The actual running time from Col. 2 was 133.3 hours, hence clinker output per hour =

$$\frac{928.9}{133.3} = 6.97 \text{ tons.}$$

Standard Coal Consumption of Kiln.—From Col. 12 the average calorific value of the coal used was 13,513 B.T.U.'s per pound, hence—
Standard coal, per cent. on clinker =

$$\frac{263.8}{928.9} \times \frac{13,513}{12,600} = 30.47.$$

Draught Measurements.

The averages of the readings taken every three hours throughout the test are:—

	Ins. of water.
(1) In kiln hood opposite centre of kiln	0.25
(2) Inside kiln at gas exit end	0.39
(3) Opposite kiln at gas exit end	0.60
(4) At base of chimney	1.41

The chimney provided more draught than required, the average readings on each side of the kiln damper being 1.18 ins. and 0.62 ins. respectively.

For Figs. 1—7, see January number; Figs. 8—16, see March number; Figs. 17—20 and Kiln Test Sheet, see April number.

Temperature Measurements.

The average results are as follows:—

	Deg. Fahr.
(4) Air entering cooler	72
(5) Air entering kiln hood from cooler	569
(6) Clinkering zone, flame temperature	2,692
(7) Clinkering zone, material temperature	2,447
(8) Clinker leaving kiln	2,157
(9) Clinker leaving cooler	298
(10) Waste gases at kiln exit end	884
(11) Waste gases at base of chimney	591
(12) Air entering kiln from coal-firing pipe	83

The observations in lines 4, 9, 11 and 12 were taken every three hours, that in line 10 by a thread recorder, and the remaining observations were made during the day as opportunity occurred.

The temperature of the air entering the kiln hood from the cooler, line 5, was measured by the hot-air pyrometer previously described (refer to Fig. 10).

Three oval pipes, 3½ in. by 2½ in. inside, were built into the front of the kiln hood near the base (see Fig. 18), and these openings were used both for the air temperature measurements and for the quantity of air entering the base of the kiln hood from the clinker chute. The small gap between the base of the kiln hood and the firing platform was cemented up.

The figures in lines 6 and 7 were taken by an optical pyrometer and are assumed to be correct, but for line 8 the temperature of the clinker leaving the kiln, owing to the more exposed situation, the optical pyrometer apparently read about 185 deg. F. too low. The latter correction was determined by a water calorimeter, using a value for the specific heat of clinker of 0.25. It is, however, rather difficult to obtain the correct temperature of the clinker leaving the kiln under working conditions by a water calorimeter, and several attempts were made before results considered to be approximately accurate were obtained.

The calorimeter consisted essentially of an inner copper vessel containing water and an outer sheet-iron vessel, with about ¾ in. air space between. The outer vessel was covered with a thick layer of asbestos sheeting banded on. There were two lids, and a central tube leading down into the inner vessel. The calorimeter, secured to the end of an iron pipe, was inserted through the front door of the kiln hood and a few lumps from the outside of the stream of clinker leaving the kiln were caught in it. It was not always possible to secure a suitable quantity. The calorimeter was quickly withdrawn, and the inner vessel rapidly transferred to a duplicate outer vessel which had not been heated by insertion into the kiln hood. The temperature rise of the water was noted and the dry weight of the clinker afterwards obtained. The mean specific heat of the clinker over the range 2,200 deg.-60 deg. Fahr. was taken at 0.25.

It was found necessary to weigh the water in the inner vessel both before and after the experiment, since the white-hot clinker coming into contact with the water produced a certain amount of steam (usually from 1 to 1½ per cent. of the water used) which escaped. The latent heat of this quantity of steam had to be allowed for.

Usually all the other items which are concerned in the cooler heat balance are more easily measured, and from these figures the temperature of the clinker leaving the kiln can be calculated to some definite value of the specific heat.

Air Quantity Measurements.

To calculate the quantity of air flowing along a pipe or conduit we require to know (*a*) the mean water gauge due to velocity, (*b*) the area in cross section where the measurements are made, (*c*) the air temperature, and (*d*) the height of the barometer, a small correction being required due to variations of the latter. The weight of air flow, in pounds per minute, is obtained from the above quantities by the aid of Table I. The formula as given in the Table is

$$W = C \times a \times \sqrt{i} \times \sqrt{\frac{b}{30}}$$

The constant C, which takes into account the temperature of the air, is tabulated for each 50 deg. F. and the difference per degree is also given. For a full discussion of the subject reference may be made to "The Measurement of Air Flow," by E. Ower, of the National Physical Laboratory.

The air velocity in various positions of a pipe cross section is often far from uniform; hence it is usually desirable to take observations at several points along each of two diameters at right angles, the points representing as far as possible equal areas of the cross section. Suitable graduations are provided on the Pitot tubes in order that the depth of immersion may be adjusted by reference to the outer surface of the pipe. Air velocity measurements should preferably not be made near to the delivery of a fan or just beyond bends or sharp turns in the pipe or conduit. A few feet of parallel channel, previous to the cross section gauged, tends to render the air velocity more uniform than it otherwise would be.

Table No. I.

Measurement of Air Flow.

Relation between the Weight of Air delivered per minute, Temperature, and Water Gauge due to Velocity.

Temperature deg. Fahr.	Value of C.	Difference per degree.	Remarks.
60	302.6	0.275	
100	291.6	0.244	W = weight of air delivered in pounds per minute.
150	279.4	0.216	
200	268.6	0.192	
250	259.0	0.174	a = area of pipe or conduit in square feet.
300	250.3	0.156	
350	242.5	0.142	
400	235.4	0.130	i = water gauge due to velocity.
450	228.9	0.122	
500	222.8	0.112	b = height of barometer in inches of mercury.
550	217.2	0.104	
600	212.0	0.096	
650	207.2	0.090	C = a constant which is tabulated for a range of air temperatures.
700	202.7	0.084	
750	198.5	0.080	
800	194.5	0.076	
850	190.7	0.066	Then $W = C \times a \times \sqrt{i} \times \sqrt{\frac{b}{30}}$
900	187.4	0.070	
950	183.9	0.064	
1,000	180.7	—	

The air temperature should be observed as soon as the velocity measurement is made.

Air Entering Kiln from Coal-Firing Pipe.—The measurement was made about one foot before the venturi casting, where the fine coal enters the coal-firing pipe, hence it was clear of dust. The velocity head was observed by a N.P.L. light pattern Pitot tube, and an ordinary U-tube water gauge. The requisite figures are:—

Pipe 6 in. diameter, area of cross section = (a) ...	= 0.196 sq. ft.
Water gauge due to velocity = (i)	= 1.21 in.
Air temperature = t	= 83° F.
Barometer = (b)	= 30.3 in.

To find C, for an air temperature of 83 deg. F., from Table I—

Value of C for t = 60 deg.	= 302.6
Less 23 × 0.275	= 6.3
Hence C	= 296.3

$$\text{and } W = 296.3 \times 0.196 \times \sqrt{1.21} \times \sqrt{\frac{30.3}{30}} = 64.2 \text{ lbs. per minute.}$$

Air Entering Base of Kiln Hood.—The cross section where the air velocity was measured is shown on Fig. 18. Three readings were taken at suitable distances through each opening by the Pitot tube arrangement shown in Fig. 12, the velocity tube facing downwards. The measurements were made by the tilting water gauge, since the velocity head was less than 3/4 in. The essential figures are:—

Area in cross section at gauge openings = (a) ...	= 18.2 sq. ft.
Average water gauge due to velocity = (i) ...	= 0.049 ins.
Air temperature = t	= 569° F.
Barometer = (b)	= 30.4 ins.

To find C from Table I—

Value of C for t = 550 deg.	= 217.2
Less 19 × 0.104	= 2.0
Hence C	= 215.2

$$\text{and } W = 215.2 \times 18.2 \times \sqrt{0.049} \times \sqrt{\frac{30.4}{30}} = 872.8 \text{ lbs. per minute.}$$

The average water gauge due to velocity has been given for the purpose of illustration, but in practice it is usual to take the square root of each velocity head and to average them for the mean value of $\sqrt{i}$.

The static water gauge (draught or pressure) at the cross section is observed on the tilting water gauge by removing at the tripod head the plug connection leading to the facing tube, leaving the static tube B (Fig. 11) alone connected. The mean value in this instance was 0.28 ins.

Air Passing up Cooler.—It is usual to make this measurement with an anemometer of the windmill pattern, since the air velocity is generally too low to give a measurable reading on a tilting water gauge of a robust design. The diameter of the cooler at the lower end is 5 ft. 6 in., giving an area in cross

section of 23.74 sq. ft. There is a short space at the cooler end, clear of the cascading channels, where the anemometer was used. The observation was made several times daily, and the mean air speed at the entrance to the cooler was found to be 424 feet per minute. The volume of air at 72 deg. F. is 13.4 cu. ft. per pound, hence:

$$W = \text{lbs. per minute} = \frac{424 \times 23.74}{13.4} = 751.$$

The observation is somewhat troublesome to make owing to the dust from the cascading clinker. The air velocity at the cooler entrance is usually irregular, and the anemometer is moved over the cross section so as to obtain an average velocity.

From the two previous air measurements we have

	Lbs. per minute.
Air entering base of kiln hood	873
Air entering cooler	751
Difference	122

This difference, presuming the measurements have been correctly made, must represent the air leakage around the cooler hot end, and some air leakage through the brickwork into the clinker chute. The air entering the clinker chute

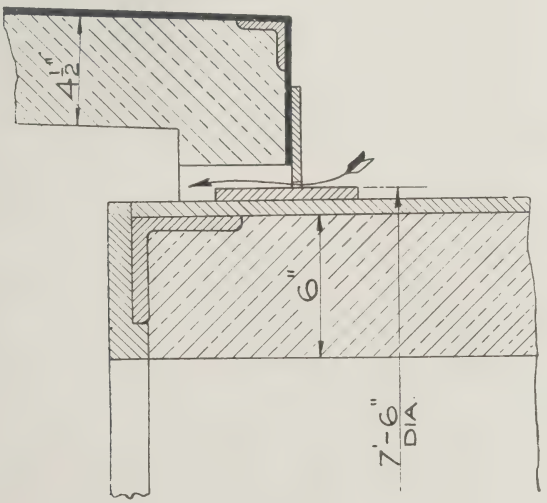


Fig. 21.—Kiln Hood Packing-Ring.

by leakage around the cooler end (Fig. 18) could not conveniently be gauged on account of the radiation from the cooler shell and the spill-out of red hot clinker.

Leakage Around Kiln Hot-End.—A diagram of the kiln-hood packing ring is shown in Fig. 21. A support tyre occurs within 7 ft. 9 in. of the kiln end; also the latter is of rigid construction and does not run much out of truth. It is therefore possible to set up the packing-ring reasonably close to the kiln circumference. The gap is gauged in eight positions, and the mean width found to be 0.271 inches. The leakage air is drawn in by the vacuum in the kiln hood, and it is apparent from Fig. 21 that almost the whole of the velocity head will be used in giving the air the initial velocity with which it enters the gap between the edge of the packing ring and the kiln shell.

The full area of the gap, which is an annulus of 90 in. diameter is

$$\frac{90 \times \pi \times 0.271}{144} = 0.532 \text{ sq. ft.}$$

The entering air has to turn a sharp corner around the edge of the packing ring, and a contraction of the jet takes place. For a sharp-edged orifice in a circular plate the contraction is approximately 0.63 of the full area, but here the conditions are different since contraction takes place at one edge only. A value of 0.80 is assumed, thus reducing the effective leakage area to $0.8 \times 0.532 = 0.426$ sq. ft.

The other conditions are:—

Draught in kiln hood = (i)	= 0.25 ins.
Temperature of entering air = t	= 70 deg. Fahr.
Barometer = b	= 30.3 ins.
Value of C from Table I	= 299.8

Hence from the formula

$$W = 299.8 \times 0.426 \times \sqrt{0.25} \times \sqrt{\frac{30.3}{30}} = 64 \text{ lbs. per minute.}$$

Total Air Entering Kiln.—This may now be summarised as follows:—

	Lbs. per minute.
By coal-firing pipe	64
By kiln-hood packing-ring leakage	64
Through cooler	751
Leakage into clinker chute (by difference)	122
Total	1,001

The above total may be accepted for the present, and later it will be compared with another estimation made from the weight of coal burned per minute and the coal and waste-gas analyses.

(*To be continued.*)

The Cement Industry in Spain.

By JULIAN GIL MONTERO.

The development of the cement industry in Spain is of recent origin, and coincides with the activity of the building industry.

The first mill started in 1898. The owners, Sociedad Anónima Tudela-Veguín, adopted rotary kilns, invented some years before. Up to that date, all cement used in Spain had been imported. Sociedad Anónima Tudela-Veguín started their mill in the province of Oviedo, where they now have four rotary kilns, with a yearly capacity of 60,000 tons.

A few years later, in 1904, the Count of Güell, with the co-operation of José F. de Navarro and the Catalan architect, D. Rafael Guastavino, opened, in the province of Barcelona, a new mill which marketed " Asland " cement. In 1909 this mill was enlarged by two additional rotary kilns, over 130 ft. each, capable of a yearly output of over 105,000 tons. The Compañía General de Asfaltos y Portland Asland, owners of that mill, is to-day the leading cement concern in Spain, manufacturing 25 per cent. of the national production, with a second mill in Moncada (Barcelona), started in 1917; and a third one in the province of Toledo (near Madrid), opened in 1926, having acquired the " Fama " cement mill, erected in Vizcaya in 1923. At present eight dry-process rotary kilns are in operation, with a yearly output of 500,000 tons. There are four other mills working on the dry process in the provinces of Madrid, Barcelona and Navarra, with ten rotary kilns and a yearly output of about 400,000 tons.

The wet process was first adopted in Spain in a mill in the province of Barcelona, owned by Don José Fradera, which started working in 1913, taking advantage of the rich quarries of Vallcarca de Sitges. This mill has three kilns capable of producing 135,000 tons per year, and manufactures both Portland and grappiers cement. There are four other mills using the wet process at Bilbao, Madrid, Toledo and Seville, with five kilns, and a yearly output which, including Mr. Fradera's mill, exceeds 300,000 tons. In 1926 Messrs. F. L. Smidth erected a mill for Cementos Griffi, S.A., at Villanueva y Geltrú (Barcelona), with one kiln producing 30,000 tons per year, and manufacturing white Portland cement only.

The thick slurry process, not yet popular in Spain, has been adopted by Cosmos, S.A., of Madrid. In 1924 this firm opened a mill at Toral de los Vados (province of León) with Amme, Giesecke and Konegen machinery. This mill can produce 60,000 tons per year with one rotary kiln.

There are seven mills working with thirty-three shaft kilns. The oldest belongs to Sociedad Aragonesa de Portland Artificial, of Zaragoza, which was opened in 1900, and which has four kilns in operation. The total yearly output of these seven mills is about 450,000 tons. These mills manufacture almost exclusively Portland cement, but a few of them produce puzzolanic and grappiers cement, and Zumaya, S.A., in the province of Guipuzcoa, manufacture the cement bearing their name. At present there are thirty mills in Spain, with thirty-three rotary kilns and as many shaft kilns.

The war caused a great scarcity of cement, and with the subsequent demand, Spanish manufacturers commenced to export their cements to the Allies. New mills were opened, and those already existing were improved. Hence the total annual production, which from 1905 to 1914 had increased

from 140,000 to 400,000 tons, reached 600,000 tons in 1920. National consumption was also increasing owing to the activity in the building trade. In the large towns streets were paved and roads constructed to carry heavy motor traffic of those days, and the use of cement increased so that the output was 730,000 tons in 1921, 800,000 in 1923, 1,175,000 tons in 1924, and 1,300,000 tons in 1925. In planning the new mills, the vicinity of the consuming markets was taken into account, and as there was already a number of mills in Northern and Central Spain, in 1922 and 1923 mills were opened in Valencia and Andalucía. But the activity in construction and public works could not absorb the excess production caused by the twenty mills which were at work in 1925. Keen price competition started amongst the manufacturers, and, in addition, five more mills were opened, capable of producing another 220,000 tons.

The competition caused by aluminous cements and high-strength cements was felt at that time all over the world. However, this competition was not very keen in Spain, as the prices maintained by the manufacturers led to competition in quality as well, and whilst they tried by every means to reduce their prices, they also made an effort to improve their cements to enable them to compete with high-strength and aluminous cements. This continuous competition, which was made keener still by the opening of new mills, led the manufacturers to realise the necessity of forming an association to fix a minimum selling price, to reduce manufacture to the demand, and to prevent the opening of new mills. To this end, in December, 1926, the " Agrupación de Fabricantes de Cemento Portland " (Association of Portland Cement Manufacturers) was formed; in consequence, competition ceased, some firms amalgamated, production was improved, and it was not necessary to restrain it, inasmuch as the great encouragement given to public works by the Minister of Fomento, Señor Conde de Guadalhorce, increased enormously the national demand. Thus the Circuito Nacional de Firmes Especiales (National Circuit of Road Improvement) improved the public roads; much work was done at the Duero river falls; the Confederaciones Sindicales Hidrográficas (Hydrographical Syndical Confederations) were created in order to take advantage of water power; and the railway, harbour, and other constructional enterprises required such quantities of cement that the national output, which in 1929 reached 1,500,000 tons, proved to be insufficient, and every mill was working at full production, in spite of the fact that the Government of the late General Primo de Rivera considered it necessary to authorise the importation of 300,000 tons of foreign cement with reduced duties. National production will soon exceed 2,000,000 tons, as a new mill will soon be opened in Miraflores (Zaragoza) by the firm Cementos Portland Zaragoza, S.A., with wet-process rotary kilns; the " Asland " Company is building an up-to-date mill at Cordoba; another one is projected for the province of Valladolid, far from all existing producing centres, and where much development is anticipated.

The Manufacturers' Association has lately started the publication of leaflets and propaganda on the merits of Portland cement. Mills are increasing their capacity, and are opening laboratories and information bureaux for their customers. Building technique has advanced considerably during the last few years with the construction of skyscrapers and a larger application of reinforced concrete and concrete products.

The manufacture of aluminous cements does not seem to have good prospects in Spain. Bauxite is not very abundant. However, some technical publications have pointed out the possibility of using poor bauxites to improve blast-furnace

slags, in accordance with tests made in the United States of America by the Bureau of Mines, which obtained in that way aluminous slags capable of producing a certain amount of cement.

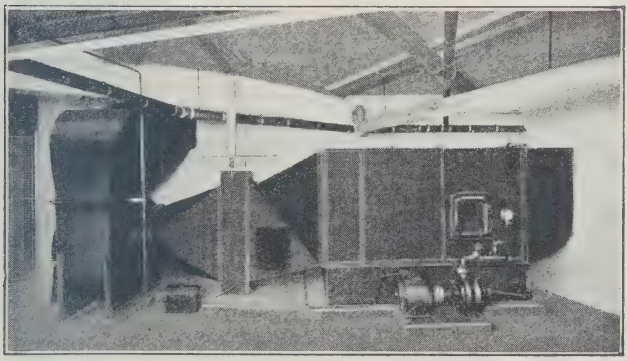
White Portland cement, manufactured for the first time in Spain by the "Asland" Company, and later on by "Griffi," is increasingly being demanded for decorative and ornamental work. At the Building Exhibition, held in Madrid in 1925, the Asland Company exhibited statues elaborated with white Portland cement of their own manufacture. At the Spanish Village in the Barcelona International Exhibition of 1929, white Portland cement manufactured in Spain was used for the reproduction of Spanish buildings, monuments and architectural details. Limestone, granite, brick, clay and other materials were faithfully imitated, and the reproduction was perfect, both in colour and texture.

The Norwegian Cement Industry in 1929.

The Norwegian cement factories have been working steadily during 1929, with the exception of Cement fabrikken Norge Ce-No Portland Cement A/S, which has been closed down finally. The production shows a considerable increase, and sales in the home market are higher than in 1928. Imports, on the other hand, have decreased from about 22,500 tons to about 15,000 tons, so that the total consumption of cement in Norway does not quite reach the figures for 1928. So far as exports are concerned, there was a steady increase in 1929, and on November 30 it had reached about 154,000 tons, as against 141,000 tons during the same period of 1928.

···TRADE···
SIROCCO
···MARK···

AIR CONDITIONING PLANTS



for the Ventilation of Buildings.

Sirocco Air Conditioning Plants for the ventilation of buildings provide a constant circulation of pure fresh air —adequate in volume, and of just the right quality as to temperature and moisture content to ensure comfortable and hygienic conditions —and always under perfect control.

DAVIDSON & COMPANY, LIMITED.
SIROCCO ENGINEERING WORKS, :: BELFAST, IRELAND.
LONDON, MANCHESTER, GLASGOW, BIRMINGHAM, CARDIFF, NEWCASTLE, BRISTOL.

A New Zealand Cement Works.

The new works of the Milburn Lime & Cement Co., Ltd., of Burnside, near Dunedin, New Zealand, were officially opened on March 11, 1929. At this plant 1,000 tons of cement can be produced weekly. When the Company decided to build a new plant, they arranged that it should be British, if procurable, and eventually the order was given to Edgar Allen & Co., Ltd., Sheffield.

The ingredients are limestone and marl. Simultaneously with the pumping of the slurry a shaker device at the foot of the limestone hopper empties the contents into the buckets of an endless chain-elevator, which carries the stone to a 600-ton capacity bin, adjacent to the slurry silo and near the first combination crushing mill.

From the bin the limestone is carried on a belt conveyor to a revolving table

Fig. 1.—The Milburn Lime and Cement Company's Works, Burnside, New Zealand.

which automatically feeds it into a combination mill in which the first crushing takes place. Slurry is brought to the mill by a surge wheel, and it flows into the mill, together with the correct amount of water, at the same time as the stone.

The " Stag " combination mill, driven by a 450-h.p. motor, is of the rotary type, 36 ft. in length and 6 ft. 6 in. in diameter. In the first compartment the stone is crushed between forged steel balls. As pulverization proceeds the material passes on to the next intermediate compartment of the mill, where it is ground between smaller balls. The process is complete when the material finds its way into the third compartment, in which the grinding agency is a set of very small cast-steel balls. From the combination mill the mixture of stone and marl is pumped into three correction tanks, each of a capacity of 360 tons. Solidification is obviated by compressed-air agitation.

(*Continued on page* 709.)

The rotary kiln is 200 ft. long and 9 ft. diameter. It lies at an incline of 1 in 24 from the horizontal and is operated by a 50-h.p. motor.

A shaker feeds the conveyor that supplies the automatic feeding-tables with clinker. At this stage 2 per cent. of Australian gypsum is added to the clinker. The mill is of similar dimensions to that described, and is driven by a 450-h.p. motor. The cement is stored in twenty 200-ton bins, from whence a system of screw-conveyors takes it to the bagging machine, which has an output of 25 tons per hour.

Provision has been made for the duplication of every part of the plant as

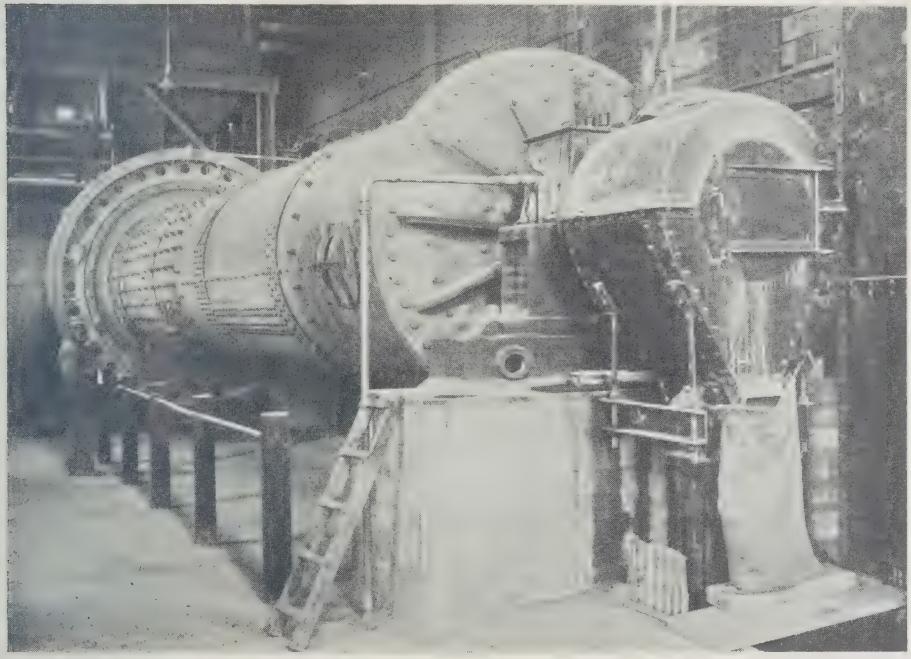


Fig. 2.—The Finishing Mill.

soon as the demand for the product develops sufficiently to make such a course necessary.

The electrical installation includes 32 motors developing 2,100 h.p. Two of these are installations of 450-h.p., each using current at 6,600 volts. The company receives its power in bulk at 6,600 volts and transforms it down to 400 volts. The plant includes two synchronous machines which balance the consumption in the works.

Fig. 1 is a general view of the plant; Fig. 2 shows the finishing mill.

Prices in North Germany.

The Norddeutsche Cement-Verband has decided to try to stimulate the building trade and allied industries by lowering its prices. In a large number of north German districts the price of all qualities of cement has been reduced from 10 to 20 marks per 10 tons.

IMPORTS AND EXPORTS OF CALCAREOUS CEMENT FOR MARCH 1930 AND THE PERIOD JANUARY 1 TO MARCH 31, 1930.

Imports.

—	QUANTITIES IN TONS.						VALUE IN £.					
	MONTH OF MARCH.			JANUARY 1 TO MARCH 31.			MONTH OF MARCH.			JANUARY 1 TO MARCH 31.		
	1928.	1929.	1930.	1928.	1929.	1930.	1928.	1929.	1930.	1928.	1929.	1930.
	27,502	14,287	25,294	70,627	52,930	60,952	50,873	25,978	43,041	131,286	102,597	103,907

Exports.

To Brazil	2,577	5,542	3,224	10,869	14,741	9,060	6,041	11,244	8,748	24,862	30,260	22,671
,, Argentine Republic ...	1,282	3,815	1,948	9,013	19,378	13,933	3,183	8,362	4,980	20,955	41,137	27,895
,, Irish Free State ...	11,423	6,749	13,304	25,144	24,221	25,060	35,858	19,286	33,513	81,053	71,570	69,491
,, British West Africa ...	9,612	6,257	10,146	27,650	21,355	21,539	24,038	15,039	23,746	70,518	52,745	51,724
,, Kenya	2,400	4,756	5,505	10,014	14,545	14,332	6,445	11,817	13,644	25,246	35,205	35,775
,, British India... ...	7,830	8,120	9,352	24,412	27,377	20,775	18,996	20,626	24,618	62,098	71,170	76,258
,, Straits Settlements and Malay States	5,200	5,322	6,149	19,304	20,684	19,092	12,984	12,587	14,732	47,242	50,188	45,989
,, Ceylon	4,582	4,046	3,688	13,431	12,664	9,581	11,167	9,805	9,051	33,010	30,830	23,141
,, Australia	1,027	849	858	3,964	3,371	2,692	2,858	2,196	3,020	10,874	8,987	8,670
,, Other Countries ...	21,816	21,684	40,730	65,676	94,433	127,648	50,486	40,955	84,529	156,743	196,160	246,999
Total	67,875	67,140	94,904	209,477	252,769	274,512	172,056	157,977	219,681	532,601	588,264	608,613

Company Reports.

	1928.		1929.	
	Dividend.	Net profit.	Dividend.	Net profit.
Belgium—				
S.A. Cimenteries et Briqueteries Réunies (C.B.R.)	100 fr. (12 months)	—	50 fr.	17,000,000 fr. (£97,141) (6 months)
S.A. Ciments Meuse-Brabant	42 fr. 90	1,535,061 fr. (£8,771)	33 fr. 15	1,105,267 fr. (£6,315)
S.A. Cannon Brand	—	—	5%	1,578,947 fr. (£9,022)
S.A. des Ciments de Vise ..	81 fr. 90	3,609,805 fr. (£20,627)	52 fr. 65	1,732,945 fr. (£9,902)
Belgian Congo—				
S.A. des Ciments du Congo..	—	loss —969,000 fr. (—£5,537)	—	over 1,000,000 fr. (£5,720)
France—				
Etab. Poliet et Chausson ..	14%	13,029,000 fr. (£104,232)	20%	22,400,000 fr. (£179,200)
Soc. des Ciments de Neuville-sur-Escaut	—	573,200 fr. (£4,585)	—	74,576 fr. (£596)
Cie. Nouvelle des Ciments Portland et Chaux Hydrauliques du Boulonnais	45 fr.	—	45 fr.	—
Cie. des Ciments et Chaux de Neufchatel	—	—	—	373,836 fr. (£2,990)
Cie. Coloniale des Chaux et Ciment Portland de Marseille	12%	4,209,741 fr. (£33,677)	12%	4,194,199 fr. (£33,553)
Germany—				
Bonner Bergwerks und Hutten Verein A.G. Zementfabrik	15%	590,604 M. (£29,530)	10%	326,778 M. (£16,338)
"Adler" Deutsche Portland Cement Fabrik A.G.	10%	820,728 M. (£41,036)	Nil	—
Hoxter Zement Fabrik Godelheim A.G.	Nil	—	Nil	—
Portland Zement Fabrik Germania (Hannover)	14%	—	14%	—
Anneliese Portland Cement und Wasserkalk-Werke A.G.	18%	—	18%	—
Industriebeteiligungen der Fruheren Lothringer Portland Zement-Werke, Berlin	20%	—	10%	—
Breitenburger Portland Cement Fabrik	12%	345,000 M. (£17,250)	12%	346,000 M. (£17,300)
Holland—				
Soc. Erste Nederlandische Cement Industries	—	—	Nil	470,000 fl (£38,778)

(*Contd. on p.* 712).

Company Reports—*contd.*

	1928.		1929.	
	Dividend.	Net profit.	Dividend.	Net profit.
Poland—				
Lubelska Fabrika Portland Cementu " Firley " S.A.	5%	—	8%	—
Sweden—				
Skansa Cement A/B	12%	1,920,000 Kr. (£106,018)	12%	2,030,000 kr. (£112,092)
United States—				
Lawrence Portland Cement Co.	$9.62	$721,720 (£148,502)	$6.35	$476,725 (£98,091)
Olympic Portland Cement Co.	15%	£79,394	6%	£23,563
Pennsylvania-Dixie Cement Corporation	—	$1,293,851 (£266,224)	—	$1,013,084 (£208,453)

(A dash has been inserted where the statistics could not be ascertained.)

"B.B." CONVEYORS

A "B.B." Portable Belt Conveyor for handling materials in sacks.

COMPLETE ELEVATING & CONVEYING PLANTS SUPPLIED.

BAGSHAWE

DUNSTABLE. & Co., Ltd.

C.M 17.

VOLUME 3. NUMÉRO 5. MAI 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
LE JOURNAL INTERNATIONAL DU CIMENT EN QUATRE LANGUES.

PARTIE FRANÇAISE

PUBLIÉ PAR : CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ANGLETERRE.
Publié le 20 de chaque mois. Prix du numéro, 2 schellings.
Abonnement annuel, 24 schellings (Frs. 150), franco.

L'essai du ciment.

par le DR. C. R. PLATZMANN.

LES numéros de CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE de janvier et février, comportaient un certain nombre d'articles ayant trait à l'essai du ciment, auxquels il y a lieu d'attacher une importance particulière, car, s'ils présentent des divergences à bien des points de vue, ils sont tous d'accord pour préconiser l'unification des spécifications adoptées comme normes dans les divers pays.

Depuis 1927, il a été publié un certain nombre d'articles,[1] faisant ressortir la diversité des cahiers des charges—avec références à ceux de 27 pays—et l'opportunité de leur unification. Cette suggestion n'est pas nouvelle. Entre autres, le seul fait de comparer entre elles les différentes spécifications, que nous relevons dans l'excellent traité, publié il y a quelques années par A. C. Davis,[2] ne peut être interprété que comme une indication, qu'à son avis, cette diversité présente des inconvénients.

Durant ces dernières années, l'opinion que les méthodes actuelles d'essai du ciment, devraient être modifiées, s'est renforcée. Nous avons ainsi assisté aux efforts soutenus de Féret, de Boulogne, et Ros, de Zürich, ayant pour but de remplacer les mortiers à consistance de la terre humide par des mortiers plastiques; nous pouvons noter les tentatives de la même époque ayant pour objet d'introduire des méthodes d'évaluation des propriétés du ciment, basées sur sa composition chimique, ce qui apporterait une modification encore plus radicale à la pratique actuelle. L'appui que donne à cette thèse un expert aussi renommé que P. H. Bates, du Bureau of Standards des Etats-Unis, est à noter; en 1927, il a publié un article sur " L'Etat actuel des recherches sur le Ciment, et la possibilité de produire des Ciments de haute résistance,"[3] dans lequel il critiquait la sensibilité et la précision des méthodes d'essai actuelles, plus particulièrement en ce qui concerne les ciments à prise rapide et alumineux. A ce propos, il y a lieu de rappeler le récent mémoire de A. I. Poole,[4] dans lequel est exposée une tentative, peut-être la première en date, de mettre en évidence une relation entre la résistance du ciment, et sa composition chimique.

Ce mémoire est trés intéressant, car il est en opposition avec l'opinion émise par Haegermann dans Cement and Cement Manufacture.[5]

Poole part de l'hypothèse, que le silicate tricalcique est le constituant le plus important du ciment Portland. La chaux mise en liberté par l'hydratation de ce composé est évaluée par titrage, et les résultats obtenus permettraient de conclure au sujet de la résistance du ciment au septième jour de prise. Le moment n'est certainement pas venu d'incorporer de telles méthodes dans les spécifications des cahiers des charges; néanmoins, il y aurait intérêt à suivre attentivement le développement de cette tendance, ne serait-ce que pour marquer la désapprobation générale que suscitent les spécifications imposées. Il ressort nettement des articles de H. Kühl[6] et de Haegermann, que les essais adoptés comme normes sont inadéquats, et qu'ils demandent à être améliorés; les tentatives faites en Angleterre en vue d'aboutir à la révision complète des spécifications des cahiers des charges, ne peuvent être interprétées que dans le même sens.

Mais, s'il est important d'adopter de nouvelles méthodes d'essais, il l'est encore plus de les rendre uniformes. Parallèlement, un champ d'activité analogue s'offre à la coopération internationale pour mettre les méthodes d'essais, adoptées comme normales, en concordance avec les derniers progrès.

Le cahier des charges allemand, le premier en date, a été arrêté en 1878; ce cahier des charges, avec les révisions dont il a été l'objet par la suite, a exercé une grande influence sur les spécifications des autres pays. On comprendra aisément que, du fait de la tradition, ce cahier des charges a des partisans convaincus en Allemagne; c'est à lui que sont dues les améliorations dont a été l'objet la qualité du ciment allemand, de même que les ciments de nombreuses autres contrées. D'autre part, les questions de nationalisme inciteront sans aucun doute les autres pays à s'en tenir, avec non moins de force, à leurs propres cahiers des charges.

Le Dr. Haegermann mentionne avec juste raison dans son article, que le premier point qui s'oppose à un accord général, est la différence des sables stipulés par les normes des différents pays; il condamne en même temps l'emploi d'éprouvettes en ciment pur, et préconise les essais utilisant des mortiers plastiques, obtenus avec un sable moyen, résultant du mélange de grains différents, ce qui constituerait un moyen avantageux d'unifier les diverses spécifications. Quoique la contribution du Dr. Haegermann à la question des essais du ciment ait une très grande valeur, et que sa proposition soit digne de considération, il ne semble pas néanmoins qu'elle offre le moyen de résoudre le problème difficile de la normalisation du sable, car la préparation d'un sable moyen par le mélange de grains différents, et qui présenterait une qualité uniforme dans le monde entier, est une question qui présente les mêmes difficultés que l'emploi des sables actuellement stipulés par les normes.

En outre, la suppression de l'essai à la traction sur le mortier à 1 : 3, semble être un pas en arrière. Quoiqu'à l'heure actuelle, on ne connaisse pas de relation définie entre la résistance à la traction et la résistance à l'écrasement, il y aurait intérêt à continuer les recherches pour découvrir cette relation, d'autant plus que l'expérience montre que la résistance à la traction constitue un critérium précieux de la qualité du ciment. Si un ciment présente une résistance à l'écrasement relativement élevée, et une résistance à la traction proportionnellement très faible, il y a tout lieu de craindre qu'il soit susceptible de gonflement excessif. Mais comme la tendance actuelle est d'utiliser de plus en plus les essais rapides de Le Chatelier et de Michaelis pour déterminer la qualité du ciment, et que ces essais ne sont pas à même d'indiquer, sans doute possible, de nombreuses causes de gonflement, la suppression de l'essai de traction nous

priverait d'un facteur de sécurité essentiel, qu'on ne pourrait même pas remplacer en imposant l'essai à la flexion. Si l'on ajoute à cette considération que l'appareil nécessaire pour l'essai à la traction est bien moins cher que celui servant aux essais à l'écrasement, et puisque l'industrie du béton donne maintenant une importance de plus en plus grande au contrôle scientifique des matériaux de construction, il faut s'attacher à écarter des méthodes d'essai, toutes difficultés ou complications non indispensables. Les ciments actuels ont généralement une teneur en chaux bien plus élevée qu'auparavant, et se rapprochent, par suite, bien plus du point critique de leur qualité. Les irrégularités dont on ne s'est pas aperçu lors de la fabrication, soit au broyage des matières premières ou des clinkers, soit à la cuisson, peuvent donner lieu à des conséquences graves, en l'absence du critérium fourni par l'essai à la traction.

On peut se dispenser de la détermination de la densité, sans qu'il soit besoin d'insister à ce sujet, car si elle était trop faible, on s'en apercevrait aisément par les autres essais, ainsi que Kühl l'a mentionné dans son article. La détermination de la finesse a bien diminué d'importance depuis que l'on admet que les tamis existants ne sont pas susceptibles de donner une idée correcte de la répartition des particules en grosseur, particulièrement en ce qui concerne la mouture la plus fine. La valeur que l'on peut attribuer aux épreuves de finesse est tout à fait problématique dans le cas des ciments à prise rapide. La contribution que D. B. Butler[7] a apportée à cette question par son article " Le ciment dans le passé et le présent " est convaincante; il fait en particulier ressortir clairement que le séparateur à courant d'air est un appareil de très grande valeur pour le fabricant de ciment. Il est par exemple d'une absurdité flagrante de prendre comme norme un résidu de 5% sur le tamis de 900 mailles au cm^2; Butler a montré clairement, en se basant sur sa propre expérience, que le résidu de 1% spécifié par le cahier des charges anglais, ne répondait pas davantage à des conditions pratiques.

Les points essentiels qui permettent à l'heure actuelle de se rendre compte de la qualité d'un ciment, sont, comme le dit Haegermann, la définition précise et la détermination, suivant certaines règles adoptées comme normes, du temps de prise du ciment, de sa qualité, et de sa résistance. Si ces caractéristiques sont spécifiées d'une façon satisfaisante, toutes les autres mesures deviennent superflues, ou d'une importance secondaire.

Les conclusions de Haegermann, concernant le temps de prise, peuvent être acceptées. On peut cependant regretter qu'il ne fasse pas mention de l'intérêt que présente la mesure de la consistance, telle qu'elle est prévue par les spécifications suisses, autrichiennes et polonaises. En introduisant cette mesure, on obtiendrait une plus grande uniformité dans les résultats fournis par l'appareil Vicat, résultats qui sont grandement affectés par certaines conditions fortuites. Jusqu'au jour où l'on disposera d'un appareil enregistreur automatique pour remplacer l'appareil de Vicat—et les nombreuses tentatives faites dans ce but ont toujours échoué—il faut nous en contenter, malgré ses imperfections. Il est bien possible que l'on arrive à créer un instrument automatique basé sur la chaleur dégagée pendant la prise, ou à mettre en évidence une relation entre la composition chimique et la durée de prise du ciment.

On ne peut nier la nécessité de définir d'une façon stricte le début de la prise. On devra tenir compte, dans l'avenir, de la prise apparente du ciment, qui a fait l'objet de nombreuses discussions dans Cement and Cement Manufacture, par une standardisation précise de la durée normale du malaxage. On pourrait se dispenser d'établir une règle générale concernant la fin de la prise (comme l'indique Haegermann), car les limites dans lesquelles cette prise varie sont

connues; mais cette règle apparaitra néanmoins utile pour le contrôle du processus de prise. Les ciments falsifiés, contenant des pouzzolanes, ou composés de chaux hydrauliques et de laitier de haut-fourneau, ont fréquemment une durée de prise d'une longueur anormale, et en spécifiant une limite pour la fin de la prise, on dévoilerait les adultérations de cette nature.

Les essais les plus habituels pour déterminer l'invariabilité de volume du ciment consistent à examiner les fissures et la déformation d'une galette de ciment, ayant séjourné 28 jours dans l'eau; on peut objecter, il est vrai, que l'usager n'est généralement pas à même d'attendre quatre semaines. D'autre part, les essais rapides—qu'il est désirable de limiter à ceux de Le Chatelier et de Michaelis—ne donnent pas une certitude complète en ce qui concerne le gonflement ultérieur. Les objections, que Kühl a formulées contre la modification des essais rapides, entre autres ceux pratiqués en Autriche, méritent d'être prises attentivement en considération. Nous pouvons admettre en tout cas que les essais rapides ont une valeur provisoire, et accepter l'essai de 28 jours à l'eau froide comme concluant. Les essais rapides devraient toutefois être considérés conjointement avec l'essai de résistance pratiqué à une date rapprochée (2 à 3 jours), comportant un rapport défini de la résistance à la traction à la résistance à l'écrasement, en général 1 à 10; le facteur de sécurité s'en trouvera augmenté.

Les essais de résistance ont déjà été discutés. Le point le plus important resté en suspens est de décider si les éprouvettes doivent être préparées mécaniquement ou à la main. La préparation à la main est d'une pratique courante en Angleterre, en Amérique, au Canada et à la Jamaïque, mais avec des variantes dans la méthode utilisée. Il est toutefois indubitable que ce procédé doive être considéré comme inférieur à la préparation mécanique, quelle que soit l'adresse que les opérateurs acquièrent à la force de l'habitude. La préparation mécanique donne nécessairement une plus grande uniformité aux éprouvettes; la régularité de l'agitation assure une distribution plus régulière du ciment, du sable et de l'eau. Même en Angleterre on est de cet avis, comme l'indique le mémoire de R. H. H. Stanger[8] paru dans Cement and Cement Manufacture; cet auteur est d'avis d'introduire l'appareil à pilon dans les spécifications anglaises, dans le but de remédier au manque d'homogénéité. Dans la discussion qui a suivi l'une des conférences de D. B. Butler[9] sur le même sujet, on a de nouveau exprimé l'espoir que la préparation mécanique des éprouvettes serait adoptée lors de la révision du cahier des charges anglais. Une telle décision serait une étape importante vers l'unification des diverses spécifications, surtout si l'on considère l'effet moral qui correspond au fait que l'Angleterre est le pays où a pris naissance l'industrie du ciment Portland.

Le Canada et la Jamaïque suivraient sans aucun doute son exemple et probablement aussi les Etats-Unis. L'Australie a déjà spécifié il y a quelque temps que les éprouvettes seraient préparées mécaniquement. En ce qui concerne les mérites relatifs de l'appareil à pilon et de celui à piston de Klebe, on donnera la préférence au premier, car le piston plongeur exerce un effort de compression bien plus grand, ce qui rend l'appareil à piston encore plus éloigné des conditions pratiques du chantier que l'appareil à pilon.

Il faut se rapprocher autant que possible, et en toutes circonstances, des conditions de la pratique, pour autant que la précision de l'essai n'en souffre pas. A ce point de vue, il semble avantageux de renoncer aux essais à la traction sur le ciment pur. On n'utilise pas de ciment pur dans la pratique, et le seul objet des essais normalisés est de fournir à l'acquéreur une donnée numérique sur la qualité du matériel. On peut alléguer que c'est le ciment

et non le mortier qu'il s'agit de soumettre à une épreuve, ou que l'essai à la traction sur le ciment pur aide à mettre en évidence les ciments inférieurs, mais ces raisons ne peuvent être tenues pour valables : en premier lieu, parce que la définition précise du ciment donne toute garantie contre une adultération ; en second lieu, parce qu'il est difficile de préparer des éprouvettes de ciment pur ne présentant pas de fissures ; et enfin, parce que la relation qui existe entre la résistance à la traction et celle à l'écrasement donne un complément de garantie.

Une autre question qui se rattache à l'unification des spécifications est la fixation des délais des essais de résistance. Un accord général existe en ce qui concerne les essais du 7e et du 28e jour. Dans l'intérêt du client, il est indubitable que l'essai du 3e jour devrait être de règle. Il ne semble pas qu'il y ait une grande difficulté à arriver à une unification à ce sujet. S'il est nécessaire, l'essai au 3e jour pourrait être adopté en remplacement de l'essai au 28e jour, modification déjà introduite en Autriche, et à l'étude en Angleterre.

La question de savoir si les essais de traction et d'écrasement suffisent à eux deux pour déterminer les propriétés du ciment ne se pose pas. On peut, par suite, se dispenser de faire l'essai de flexion, pour éviter une complication et des frais non indispensables, car cet essai ne met pas en jeu un travail simple, mais une combinaison du travail de compression et d'extension. Le fait qu'on attache en Angleterre une importance croissante à l'essai d'écrasement est de bon augure.

Haegermann se prononce avec force en faveur des essais exécutés en partant de mortiers plastiques. Il est certain qu'on peut invoquer des arguments de valeur en leur faveur, en particulier parce qu'on se rapproche ainsi de la pratique des chantiers, et qu'on se libère de l'emploi d'appareils compliqués pour la préparation des éprouvettes. La résistance obtenue avec les mortiers plastiques est certainement moindre que celle des mortiers ayant la consistance de la terre humide, mais il n'y a pas d'inconvénient à celà. Les dernières années, l'importance de la résistance à l'écrasement a été fréquemment exagérée, surtout si nous la considérons par rapport à la résistance à l'arrachement, qui n'augmente pas dans la même proportion. La plus grande difficulté à laquelle on devra faire face pour adopter les mortiers plastiques, consistera à réaliser un accord au sujet du sable normal moyen, résultant du mélange de grains différents, et à vaincre la difficulté de se procurer un tel sable de composition chimique uniforme, dans toutes les parties du monde. Même si un essai de cette nature faisait l'objet d'un accord international, la diversité des intérêts nationaux s'opposerait probablement à conférer à un pays déterminé, le monopole de ce sable normal pour l'avenir.

L'importance de la quantité d'eau additionnelle, et de la consistance a été pleinement mise en valeur par R. H. H. Stanger[10] et par Haegermann.[11] Ce dernier indique dans son article, paru dans Cement and Cement Manufacture, de janvier, qu'il fera ultérieurement une communication sur ce sujet.

Nous nous félicitons que les efforts ayant pour objet l'unification des spécifications soient désormais secondés par l'incomparable tribune offerte à la discussion par la publication en quatre langues de Cement and Cement Manufacture. Cette question suscite un vif intérêt dans le monde entier, et il semble vraisemblable qu'un accord pourra être réalisé, malgré la variété et la divergence des points de vue. Pour faciliter cet accord, il serait à désirer que chaque pays se prépare à abandonner l'une ou l'autre des épreuves actuellement comprises dans ses spécifications. Toutefois, s'il était montré

qu'une telle unification soit impossible, on pourrait rédiger des normes internationales, dont la validité serait admise dans tous les pays, pour l'essai des ciments importés, conjointement avec les normes nationales. Cette étape intermédiaire est une suggestion incontestablement réalisable, et, à mon avis, l'unité finale ne pourra être obtenue que par degrès. L'Association Internationale pour l'essai des matériaux semble être un intermédiaire tout indiqué pour résoudre ce problème.

Références.

[1] *Zement*, No. 45 (1927), pages 1067-1073; No. 36 (1928), pages 1335-1336; *Rock Products*, janvier 21, 1928, page 97; *Concrete*, Chicago, Vol. 32, No. 2 (1928), pages 103-108; *J. Soc. Chem. Ind., Japan*, Vol. 32, No. 8 (1929), pages 797-807.
[2] A. C. Davis, *A Hundred Years of Portland Cement*, 1824-1924, pages 191 *et seq.* Concrete Publications, Ltd.
[3] *Zement*, No. 34 (1927), pages 753-757.
[4] *Zement*, No. 49 (1929), page 1426.
[5] " Les essais de ciment " : *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 3, No. 1 (1930).
[6] *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 3, No. 1 (1930).
[7] *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 3, No. 2 (1930).
[8] " The Testing of Portland Cement " : *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 1, No. 1 (1928); pages 14-15.
[9] " The Future of Cement Testing " : *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 2 (1929), pages 62-64.
[10] *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 1, No. 1 (1928), pages 13-14.
[11] *Cement and Cement Manufacture*, Vol. 3, No. 1 (1930).

L'entropie du ciment Portland.

par GEOFFREY MARTIN.

Les ingénieurs attachés à une usine ne devraient pas oublier que ce n'est pas seulement la quantité de chaleur qui compte pour les fours où la charge est l'objet de transformations chimiques et physiques, mais aussi et surtout la pression thermique (dite température par les physiciens) à laquelle la chaleur est fournie : il est moins onéreux de fournir 100 calories à 100° C., que 100 calories à 1425° C., par exemple. Dans le premier cas, ces 100 calories ne produiraient pas trace de clinker de ciment, tandis que dans le deuxième cas, les 100 calories sont susceptibles de donner une quantité équivalente de clinker.

Le bilan thermique ordinaire du four rotatif n'a pratiquement aucune valeur au point de vue technique, parce que toutes les quantités de chaleur sont exprimées en nombre de calories, sans distinguer si ces calories sont fournies à une pression thermique ou température, élevée ou basse.

Par exemple, si la température de la flamme n'était que de 805° C., il faudrait brûler une quantité infinie de charbon pour produire un gramme de clinker, tandis que si la température de la flamme atteint 2966° C. sans les dépasser, nous pouvons produire 100 t de clinker de ciment avec 6,36 t de charbon normal. Avec une flamme d'une température de 1425° C., nous pourrions produire 100 t de clinker par la combustion de 24,8 t de charbon normal.

Cet article a pour but de faire ressortir que la construction des fours à ciment a vu ses progrès retardés pendant ces trente dernières années, en raison de la méconnaissance de ce facteur essentiel; quantités d'expériences coûteuses ont été faites, qui étaient vouées à l'insuccès, et c'était à prévoir, par ce que

Variation d'Entropie des Matieres Solides Intervenant dans la Fabrication de 453 g de Clinker de Ciment Portland, Calculée a partir de 0° C.

Température.		Unités d'entropie en "Ranks."	Observations.	Variation totale d'entropie durant les différentes stades.	Variation totale d'entropie au passage des différentes zones.
t °C.	T °K.				
0	273	0,00	—	+0,128	Zone de dessication, 0,124
100	373	0,124	—		
100	373	0,124 à 100° (début)	Dégagement de l'eau d'hydratation de la silice	+0,006	—
		0,130 à 100° (fin)			
100	373				Zone de chauffage préliminaire 0,447
155	428,5	0,189			
211	484,1	0,238			
267	539,6	0,282			
322	595,2	0,322			
378	650,7	0,358			
433	706,3	0,391			
488	761,8	0,422			
544	817,4	0,450			
600	873	0,477 à 600° (début)	Dégagement de l'eau du Kaolin	+0,009	
		0,486 à 600° (fin)			
655	928,5	0,510			
711	984,1	0,534			
766	1039,6	0,556			
805	1078	0,591			
805	1078	0,591 à 805° (début)	Dégagement de CO provenant de la décomposition du carbonate de calcium	+0,418	Zone de décarbonatation, 0,418
		0,989 à 805° (fin)			
805	1078	0,989		—	Zone de concrétion, 0,0582
860	1133,5	1,0033		—	
916	1189,1	1,0168		—	
971	1244,6	1,0297		—	
1027	1300,2	1,0420		—	
1082	1355,7	1,0539		—	
1138	1411,3	1,0651		—	
1193	1466,8	1,0761		—	
1249	1522,4	1,0864		—	
1305	1578	1,0967		—	
1360	1633,5	1,1063		—	
1370	1643	1,1080		—	
1370	1643	1,1080 à 1370° (début)	Dégagement de chaleur dû à la réaction exothermique de formation du clinker.	−0,608	
		1,0472 à 1370° (fin)			

les études étaient faites dans l'ignorance de ce fait, fondamental en thermodynamique.

La physique mathématique exprime le fait, que ce n'est pas seulement la quantité de chaleur qui importe, mais aussi la pression thermique ou température à laquelle elle est fournie, en introduisant la notion d' " entropie." La variation de l'entropie d'un corps est mesurée par la quantité de chaleur que reçoit ce corps, divisée par la température absolue à laquelle elle est reçue. En langage mathématique, si ϕ est la variation d'entropie, Q la quantité de chaleur, et T la température absolue, on a :

$$\phi = \int \frac{dQ}{T}.$$

L'unité d'entropie est appelée " Rank " en Angleterre depuis les travaux de Rankine, physicien éminent qui a largement développé la notion d'entropie, telle qu'elle est appliquée actuellement à l'étude des machines à vapeur et des chaudières.

La notion d'entropie est de toute première importance dans la technique de la vapeur. Grâce à elle, la solution des problèmes techniques concernant la vapeur devient aisée et rapide, alors qu'il aurait été difficile, sinon impossible, de les résoudre par tout autre méthode.

Les progrès fondamentaux, que l'époque moderne a vu se réaliser dans l'étude des chaudières et des machines à vapeur, sont dûs en grande partie à la notion d'entropie et d'énergie utile. Les tables d'entropie publiées ces temps derniers par le professeur Callendar et par d'autres savants, ont rendu ces indispensables données accessibles à tous les techniciens s'occupant de vapeur. Pour l'étude correcte d'un four à ciment, il est non moins important de connaître la valeur des variations d'entropie qui interviennent aux différents stades de la formation du clinker de ciment.

Le calcul thermodynamique de la formation du ciment montre que, si les lois de la thermodynamique sont bien appliquées, un four idéal pourrait produire 100 t de clinker de ciment par la combustion de 6,36 t de charbon normal (7000 cal/kg), et que si l'on apportait aux plans des fours les modifications nécessaires pour tenir compte des variations d'entropie des matières brutes dans les différentes parties du four, on pourrait construire des fours d'un bien meilleur rendement que ceux existant actuellement. Pour rendre service aux techniciens chargés du projet d'un four, et familiarisés avec la théorie de la thermodynamique, j'ai dressé la table ci-dessus, dans laquelle j'ai calculé en prenant 0° C. pour base, la variation d'entropie des matières solides nécessaires pour faire 1 kg de clinker de ciment.

Autant que je le sache, c'est la première fois que cette table ait été calculée à l'usage des cimenteries. Sans aucun doute, il sera possible de dresser ultérieurement des tables plus exactes, quand les données thermiques relatives à la formation du ciment auront été déterminées avec plus d'exactitude.

Avis.

Tous les articles publiés en quelque langue que ce soit dans Cement and Cement Manufacture, sont rigoureusement de propriété littéraire, et ne peuvent être reproduits dans d'autres journaux, ou sous forme de catalogues, sans l'autorisation des propriétaires : Concrete Publications Limited, 20, Dartmouth Street, Westminster, Londres, S.W.1, Angleterre.

L'industrie du ciment en Allemagne en 1929.

Les industriels adhérents au consortium allemand du ciment ont tenu une réunion à Berlin, le 27 février 1930; à cette occasion le président du consortium M. H. P. Riepert, a communiqué à l'assemblée les renseignements ci-dessous, sur l'activité économique de l'année écoulée.

Les expéditions de l'industrie allemande du ciment, usines dissidentes comprises, avaient porté en 1928 sur 8,5 millions de tonnes; en 1929, la rigueur extrême de l'hiver a frappé les expéditions d'un arrêt presque complet, suivi en avril d'un sursaut d'activité auquel il ne nous avait pas encore été donné d'assister. Si l'année 1928 peut se caractériser par le caractère progressif de l'augmentation et du ralentissement des expéditions, ces dernières ont atteint en 1929 des limites extrêmes dans un sens et dans l'autre, qui resteront la marque distinctive de l'année.

Les expéditions des usines adhérentes au consortium ont décliné en 1929 de 500 000 t, ou de 7%, par rapport à l'année précédente, mais les expéditions globales ont néanmoins atteint 8,44 millions de tonnes, ce qui s'explique par l'accroissement des expéditions des fabriques de ciment naturel et de ciment Portland dissidentes. La consommation intérieure a atteint 7,37 millions de tonnes.

Le commerce extérieur du ciment s'est également trouvé en 1928 dans une situation défavorable, ainsi qu'il ressort de cet aperçu:

	1928	1929
	(millions de tonnes)	
Importations en Allemagne	0,144	0,154
Exportations d'Allemagne	1,09	1,07

Malgré l'augmentation qu'ont eu à supporter en 1929 les frais de production —charbon et salaires—il a été possible de maintenir les prix établis par le consortium, mais il a fallu toutefois consentir certaines remises dans les régions particulièrement encombrées, pour lutter avec la production étrangère, les usines dissidentes et le ciment naturel.

La situation économique actuelle doit être considérée comme défavorable, car malgré la douceur de l'hiver de cette année, il y a plus de 2,5 millions de chômeurs, et les ordres des états, des provinces et des communes seront moins importants en 1930 que l'année précédente.

L'industrie allemande du ciment participera à la fondation du Bureau International du Ciment avec siège à la Haye, actuellement à l'état de projet. Il ne s'agit pas d'un organisme commercial, mais d'un centre commercial où convergeront les données statistiques et les suggestions d'intérêt général, et qui permettra aux intéressés d'entrer en contact direct, chaque fois que la nécessité l'imposera.

Les autres questions discutées à la réunion dont il a été fait mention ci-dessus n'ont eu trait qu'à l'ensemble de la situation économique, et ne peuvent par suite être considérées comme d'intérêt général, car il n'a été question que du problème du logement, envisagé au point de vue purement allemand, et de la solution qu'il comporte.

Conversion des mesures dans les traductions.

Dans tous les articles traduits, les unités de poids, de longueur, etc., sont approximativement traduites en unités anglaises ou métriques.

Les appareils de manutention et de levage dans les cimenteries.

par A. C. DAVIS.

(Directeur Administrateur des usines de la Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.)

La multitude des opérations, auxquelles donne lieu la fabrication du ciment Portland, nécessite un grand nombre de transports, de manutentions et d'opérations de levage. Le transport des matières brutes, au départ des carrières, se fait généralement par voie ferrée ou par funiculaire aérien, mais ces matières doivent ensuite être acheminées de leur dépôt provisoire aux broyeurs, des broyeurs aux silos ou aux malaxeurs, et enfin aux fours; les clinkers doivent être transportés des fours aux halls à clinkers, et des halls aux broyeurs; le ciment, fini de fabrication, doit aller des broyeurs, soit au magasin, soit aux silos, ou vers une destination analogue, et ainsi de suite. Les appareils de levage interviennent également à un grand nombre de stades de la fabrication.

Si les matières premières sont tendres et doivent être mélangées par voie humide, la chaux et l'argile arrivent en général directement au broyeur humide de tête, mais pour les matières premières sèches, les convoyeurs venant du dépôt sont généralement du type à ruban ou à courroie (fig. 1, page 681), à bords relevés s'il est nécessaire, pour augmenter leur capacité de transport, et ils fonctionnent à découvert; vu la nature des matières, il n'y a aucune nécessité de les abriter. Les convoyeurs sont quelquefois installés en pente, si la hauteur est faible, et travaillent alors comme élévateurs aussi bien que comme convoyeurs. L'inclinaison maxima pour un service de ce genre est de 30°, mais il faut se tenir au-dessous de cette pente autant que possible. La vitesse linéaire habituelle est, en chiffres ronds, de 60 m par minute, si la courroie est inclinée; elle peut atteindre de 105 à 120 m par minute, si la courroie est horizontale.

Le chargement des transporteurs à courroie, se fait en général mécaniquement (fig. 2, page 682), au moyen d'un dispositif répartissant les matières en une couche d'épaisseur constante; à l'extrémité d'entrée, la courroie est bordée par des planches, sur une longueur de 1 m 80 à 3 m, pour éviter que les matières ne se répandent hors de la courroie. Les courroies lourdement chargées sont portées par des rouleaux écartés de 0 m 90 ou de 1 m 20; cette distance peut être augmentée, si les courroies sont moins lourdement chargées. La décharge se fait généralement, mais non nécessairement, à l'extrémité de la courroie, et les matières guidées par une coulotte, tombent dans une trémie, si elles ne sont pas acheminées autrement, selon les besoins. On dispose des crapauds intermédiaires si les matières doivent être déchargées d'un côté ou d'autre de la courroie, à une place quelconque. Ce dispositif de décharge est mobile, et porté par des galets qui roulent sur une voie fixée sur la même charpente que les rouleaux de la courroie (fig. 3, page 682).

Les transporteurs sont actionnés par moteur électrique, à réducteur de vitesse, ou par courroie, avec trains d'engrenages. L'extrémité commandée est en général fixée sur la charpente, le dispositif prévu pour compenser les variations de longueur de la courroie, etc., étant généralement agencé à l'extrémité opposée. Si les variations de température des matières transportées sont faibles, il suffit de prévoir un réglage par vis; mais si la température subit des variations considérables, il faudra agencer une compensation automatique, généralement au moyen d'un lourd contrepoids.

La figure 4 (page 684), montre les différentes parties d'un convoyeur à courroie, transportant des matières premières : (*a*) extrémité d'entrée avec trémie et planches latérales ; (*b*) extrémité de décharge ; (*c*) crapaud intermédiaire ; (*d*) coupe transversale par AA, montrant les bords de la courroie relevés.

Les élévateurs sont généralement du type à godets, fonctionnant à l'intérieur d'une gaîne entièrement fermée. Si les matières sont abrasives, on se sert plus généralement de courroies pour constituer la partie flexible de l'équipement, mais, dans le cas contraire, on utilise des chaînes genre Galle. Les courroies peuvent être en toile ou en tissu, et elles ont autant de plis que le nécessitent le travail à effectuer, la nature du chargement et la force dépensée. Si les matières sont très abrasives, il y a lieu de protéger les courroies en toile, sur leurs deux faces, par une couche de caoutchouc. L'écartement d'axe en axe des godets varie de 0 m 30 à 0 m 90 ; si le service est relativement peu chargé, il y a lieu d'adopter le grand écartement, et s'il est important un écartement plus faible s'impose. Si le travail à effectuer est très important, on peut être amené à rapprocher les godets jusqu'à la limite où ils peuvent se vider sans s'obstruer réciproquement.

Les élévateurs à chaîne sont adoptés pour les charges les plus lourdes, allant jusqu'à 200 tonnes à l'heure. Dans de telles conditions, il faut employer des godets de grande capacité ; les godets doivent être très rapprochés, pour que la décharge soit continue, et la chaîne doit être largement prévue.

Si on emploie des courroies, la vitesse peut être portée à 120 ou 135 m à la minute, la vitesse exacte étant fonction du diamètre de la poulie supérieure ; avec les chaînes, la vitesse doit être maintenue de beaucoup au-dessous de cette valeur. Il est plus facile de tirer parti de la force centrifuge pour vider les godets avec les courroies, qu'avec les chaînes.

Quel que soit le type d'élévateur, le rebord de la coulotte de réception joue un rôle très important dans le fonctionnement ; l'arête du rebord doit se trouver, par rapport aux godets, dans une position telle, que quand ceux-ci commencent leur mouvement de descente, il n'y ait qu'un minimum de matières qui retombent dans la cuvette.

La figure 5 (page 685), montre deux vues d'un élévateur du type à godets : (*a*) matières entrant dans la cuvette et prises par les godets ; (*b*) partie supérieure avec dispositif de déchargement et bords de guidage.

Qu'il s'agisse de produits fabriqués, ou en cours de fabrication, les mêmes principes s'appliquent, mais la manutention peut être conduite de façon différente. On utilise fréquemment pour les clinkers des transporteurs à godets (fig. 6, page 686) ou à secousses. Quand les matières sont encore brutes, la quantité de " fines " est très faible, et, de façon générale, il n'est pas toujours nécessaire d'enfermer les élévateurs ou les convoyeurs. A un stade ultérieur de la fabrication, il n'est plus possible d'utiliser les vis transporteuses pour le service, en raison de leur détérioration rapide ; pendant les dernières phases de la fabrication, on se sert par contre de vis transporteuses, en raison de la facilité de les enfermer totalement, et de l'absence de poussières de leur fonctionnement.

Les vis transporteuses sont construites en plusieurs dimensions, depuis 0 m 15 jusqu'à 0 m 60 et même 0 m 75 de diamétre, si les quantités à transporter sont assez importantes pour justifier cette dimension. L'arbre central est généralement constitué par un tube étiré, assez épais, et la spirale est fixée au tube par soudure ou par des vis à oreilles d'un type spécial. La longueur habituelle de chaque tronçon de la vis est de 3 m ou 3 m 60, et les longueurs successives se rejoignent dans un palier ; tout le support est fixé sur l'auge dans laquelle tourne la vis, ou porté par elle. Cette auge peut être faite,

soit en tôle d'acier, soit en fonte; si la vis est installée sur le plancher, ou à peu de hauteur, l'auge peut être en béton coulé sur place, les supports des paliers étant prévus lors de cette opération.

La figure 8 (page 687) montre une vis transporteuse type: (*a*) coupe en long; (*b*) coupe transversale d'une auge en acier doux; (*c*) même coupe d'une auge en béton.

La vitesse de rotation habituelle des vis varie de 100 t/min, pour le plus petit modèle, jusqu'à 50 t/min environ pour le modèle de 0 m 375, et 30 t/min pour le modèle de 0 m 60. Le modèle de 0 m 15, tournant à la vitesse convenable, peut transporter jusqu'à 5 tonnes à l'heure, sans difficulté; le modèle de 0 m 60 transporterait jusqu'à 100 tonnes à l'heure. En raison de l'agitation que crée la vis, il est nécessaire de l'enfermer complètement, quel que soit le type d'auge. Les auges en tôle d'acier ont généralement un couvercle en tôle également, boulonné sur les bords repliés de l'auge. Dans le cas de béton, on recouvre d'habitude la vis par des tôles de plancher striées, pesant environ de 50 à 60 kg/m^2; leur poids est suffisant pour les maintenir en place.

Il est préférable que l'air ambiant ne soit pas pollué par la poussière, et dans ce but on peut soumettre l'auge du transporteur, qu'elle soit en acier ou en béton, à une pression légèrement inférieure à la pression atmosphérique, en la reliant à l'aspiration d'un ventilateur. Le ventilateur aspire de cette enceinte la quantité juste nécessaire pour produire une légère dépression. Quelquefois l'enveloppe de la vis prend la forme d'une auge renversée, et forme une hotte, ce qui augmente l'espace occupé par l'air.

Les convoyeurs à courroie sont rarement utilisés pour le ciment fini de fabrication, en raison de la poussière que leur décharge répand dans l'atmosphère. Si ce type de convoyeur est adopté pour ce service, il est nécessaire d'enfermer complètement, et l'entrée des matières, et leur décharge, et de réduire la poussière au minimum.

Les élévateurs, spécialement ceux de grandes dimensions, sont susceptibles de se déranger, si les matières transportées sont à l'état de particules très fines. Si possible, ils seront dans ce cas du type continu à godets, à marche relativement lente, et leur capacité de transport sera due plutôt aux dimensions, qu'à la vitesse des godets. Pour ce service, les godets sont généralement fixés à des chaînes, qui ne se détériorent pas d'une façon anormale. Les mailles de ces chaînes sont le plus souvent en fonte malléable, les fuseaux et les axes en acier au manganèse, et l'emploi de ces matières pour les différentes parties donne satisfaction.

Depuis que les silos sont devenus d'un usage général pour la mise en magasin du ciment fini de fabrication, il est survenu une nouvelle difficulté, due à la hauteur anormale de la course verticale. Les silos ont fréquemment jusqu'à 30 m de hauteur, et, quoiqu'il soit possible de construire un élévateur pour une hauteur de levage de 30 m, il sera probablement préférable de scinder la course verticale en deux; la décharge de l'élévateur inférieur alimentera alors la cuvette de l'élévateur supérieur.

On dispose en outre actuellement de deux méthodes pneumatiques de manutention des matières pulvérulentes, pour les opérations de levage afférentes aux silos: (1) la pompe Fuller-Kinyon avec laquelle la pression de l'air est plus grande que la pression atmosphérique, et (2) le système de manutention F.L.S. dans lequel la pression de l'air est inférieure à la pression atmosphérique. Les deux systèmes utilisent des canalisations en acier doux, dans lesquelles le ciment circule après avoir été mélangé à la quantité d'air convenable. La quantité d'air nécessaire varie de 8,5 à 22,5 m^3 d'air par tonne de ciment; elle dépend des conditions de fonctionnement.

La pompe Fuller-Kinyon est constituée par une vis solidement construite, tournant à très grande vitesse dans un corps de pompe entièrement clos. Le ciment est introduit dans le corps de pompe par l'extrémité où la vis tend à produire une dépression, et il est refoulé dans la conduite par l'extrémité opposée; pendant son transport, il se mélange de façon intime avec l'air comprimé, soufflé par un injecteur en couronne, comportant un grand nombre de trous. Comme le courant d'air est dirigé dans la direction suivant laquelle le ciment doit se déplacer, le mélange air-ciment se met en mouvement, à grande vitesse (18 à 24 m/sec), dans la conduite, dont il s'échappe à l'extrémité opposée. Il ne se présente aucune difficulté pour transporter le ciment dans une conduite verticale; il peut, par contre, se présenter des difficultés si le parcours est en pente, ou bien horizontal, en raison de la tendance du ciment à former des dépôts, si la vitesse de l'air est trop faible. Une vitesse de 18 m/sec est la limite inférieure pour un fonctionnement normal, et ne doit être adoptée que pour des conduites très courtes. Une vitesse de 24 m/sec donne un fonctionnement sûr dans la plupart des cas, mais si la conduite est très longue, il y aurait lieu d'augmenter à la fois la vitesse, et le volume de l'air. Ce moyen de transport est actuellement en usage avec des conduites ayant jusqu'à 915 m de longueur. Le système est spécialement avantageux si le tracé du parcours n'est pas rectiligne, et il peut souvent être employé pour cette raison, quand les systèmes normaux de transport et de levage sont impossibles à appliquer.

La figure 11 (page 690) représente une de ces pompes, et la figure 10 (page 689) est une coupe montrant le corps de pompe: (*a*) l'entrée des matières; (*b*) la vis; (*c*) le moteur de commande; (*d*) l'accouplement; (*e*) l'injecteur d'air en couronne; (*f*) l'orifice de sortie; (*g*) et (*h*) le commencement de la conduite.

La force motrice et les frais d'exploitation de cette méthode de manutention sont naturellement élevés pour les faibles parcours. Mais si le trajet est très long et les difficultés anormales, il constitue souvent une solution économique et sûre du problème. L'air comprimé trouve son emploi dans un grand nombre d'opérations, et particulièrement dans celle qui vient d'être décrite, mais en raison du faible rendement des compresseurs, sa production est onéreuse.

Le système F.L.S. fonctionne d'une façon différente. Il comporte généralement deux récipients, ayant chacun une capacité de 2 à 3 tonnes, suivant l'importance de l'usine. Chaque récipient est relié par des conduites, avec robinets intercalés, au réservoir, ou à ce qui en tient lieu, qui doit être vidé, ainsi qu'au silo ou au magasin à remplir, à un ventilateur aspirant, à un compresseur, et enfin à la conduite de distribution. Le récipients sont alimentés alternativement, soit par le silo, soit par le réservoir, à l'aide des ventilateurs qui y font le vide; on évacue de la même façon les matières à l'aide du compresseur, en les acheminant sur le silo ou sur le magasin. Si l'on dispose de deux récipients, l'opération peut être pratiquement continue, l'un des récipients étant en voie de remplissage par le ventilateur aspirant, et l'autre étant en vidange par le compresseur. Pour éviter les fuites par l'un des nombreux robinets, ou par les conduites, des soins et de l'attention sont nécessaires.

Cette méthode de transport est encore plus ou moins à ses débuts, mais elle a montré la possibilité de transporter de 30 à 40 tonnes par heure de cette façon. Quelques installations de ce système sont en construction en Angleterre.

Dans le système Fuller-Kinyon, le ciment est introduit dans la pompe par un moyen extérieur, et le transport s'effectue au moyen de la vis de la pompe, à l'action de laquelle s'ajoute celle de l'air comprimé.

Dans le système F.L.S. le ciment est introduit dans le récipient au moyen du ventilateur qui y fait le vide, et sa vidange s'effectue par le groupe compresseur. Il n'a pas été possible d'avoir de renseignements, permettant d'exprimer en chiffres la force motrice absorbée par se dernier système. Pour le système à pompe, la puissance nécessaire est de l'ordre de 3 à 5 ch par tonne, pour une hauteur d'élévation de 30 m, avec une longueur totale de conduite de 150 à 180 m.

Le développement actuel de l'industrie du ciment au Japon.

L'ETAT actuel de l'industrie du ciment au Japon fait l'objet d'un mémoire très détaillé de M. Fujii, qui complète les renseignements publiés par CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE à diverses reprises*. Jusqu'à ce jour, cependant, aucune donnée n'a paru dans cette revue sur la qualité du ciment japonais, telle qu'elle est définie par les spécifications des normes de ce pays, ni sur le développement économique et l'organisation de cette industrie. Les premières normes japonaises, dont l'application a été rendue obligatoire par un décret du Ministère de l'Agriculture et du Commerce, datent de 1905. Depuis lors, ces normes ont subi trois révisions, en 1909, 1919, et 1927. Le tableau I récapitule ces spécifications.

Les faibles résistances spécifiées avant 1919 provenaient de l'emploi comme norme du sable de Tokyo. Ce sable qui comportait des granules de deux dimensions était obtenu en broyant de la quartzite, et par l'emploi successif de trois tamis ayant approximativement 64, 144 et 225 mailles au cm². Quand a été adopté le sable de Soma (sable de quartz à grains de dimension uniforme admis par le tamis de 64 mailles au cm² et refusé par le tamis de 144 mailles), on a obtenu des résistances considérablement plus élevées, qui ont figuré pour la première fois dans les normes d'avril 1927. La tableau récapitulatif ci-dessous permet de comparer approximativement les résistances obtenues avec le sable normal japonais actuel, pris pour base, et les sables des normes allemandes et américanes.

Sable normal.	Résistance à la traction.	Résistance à l'écrasement.
Japon	100	... 100
Allemagne	97,2	... 96
Amérique	103,8	... 107,2

Jusqu'à présent, il n'existe pas au Japon d'établissement public pour l'essai du ciment, et seules, les données numériques publiées par l'Association Technique des Fabricants de Ciment Portland du Japon nous permettent de nous faire une opinion sur la qualité des ciments japonais.

Le tableau II donne une idée générale de l'amélioration de leur qualité depuis 1924.

On remarquera que les principales caractéristiques des ciments japonais sont

* CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE—Vol. II, No. 7 (1929), pp. 204/205; Vol. III, No. 2 (1930), pp. 339/343.

leur teneur relativement élevée en silice, leur faible teneur en alumine, et les fortes résistances obtenues.

Ce fait que les ciments japonais ont des résistances qui atteignent le double des résistances spécifiées par les normes a incité l'Association Technique des Fabricants de Ciment du Japon à proposer, des 1928, une nouvelle révision du cahier des charges, comportant les modifications ci-dessous :

(1) Finesse : résidu 12% sur le tamis de 4900 mailles au cm².

(2) Résistance après

	Traction Mortier 1 : 3 kg/cm²	Ecrasement Mortier 1 : 3 kg/cm²
3 jours	15	150
7 —	20	220
28 —	25	300

TABLEAU I.

Date.	Densité.	Finesse. Tamis, mailles, au cm.²	Finesse. Résidu pour cent.	Température ambiante en °C.	Temps de prise. Début heures.	Temps de prise. Fin heures.	Epreuves d'invariabilité de volume.
Fév. 1905 -	—	900	10	—	1	10	Epreuve à l'eau froide, épreuves d'ébullition et à l'étuve.
Déc. 1909 -	—	900	5	—	1	10	Epreuves à l'eau froide et d'ébullition.
Juin 1919 -	3,05	900	3	—	1	10	,,
Avril 1927	3,05	4900	17	15—25	1	10	,,

Date.	Résistance à la traction en kg/cm.² Ciment pur. 7 jours.	Mortier 1 : 3. 7 jours.	Mortier 1 : 3. 28 jours.	Résistance à l'écrasement en kg/cm². Mortier 1 : 3. 28 jours.	Sable normal.	Analyse. Perte au feu.	MgO %	SO³ %.
Fév. 1905 -	25	7	15	120	Tokyo	—	3	2 ; 1,5 pour ouvrages maritimes
Déc. 1909 -	25	8	16	120	,,	—	3	,,
Juin 1919 -	30	10	18	140	,,	5	5	2,5; 1,5 pour ouvrages maritimes
Avril 1927	40	14	21	210	Soma	4	3	2

TABLEAU II.

Epreuve.	Février—Juin, 1924.	Janvier, 1928.
Nombre de cimente essayés	31	28
Résidu sur tamis de 4900 mailles au cm². .	10,04%	3,7 %
Densité :		
Séché à l'air	3,121	3,144
Séché au feu	3,160	3,181
Temps de prise :		
Eau	25,1%	25,9 %
Début	3 h. 49 mm.	2 h. 53 mm.
Fin	7 h. 9 mm.	4 h. 34 mm.
Température ambiante en ° C. . ..	16,6	20
Résistance à la traction kg/cm² :—		
Ciment pur 7 jours	64,9	76,4
Mortier 1 : 3 — 3 jours	—	28,7
Mortier 1 : 3 — 7 „	24,7	33,1
Mortier 1 : 3 — 28 „	30,9	38,8
Résistance à l'écrasement kg/cm² :		
Mortier 1 : 3 — 3 jours	—	321
Mortier 1 : 3 — 7 „	256	444,7
Mortier 1 : 3 — 28 „	355	562,8
Mortier 1 : 3 — 34 „	—	636,4
Sable normal	Soma	Soma
Analyse chimique :		
Perte au feu	1,42%	1,09 %
Résidu insoluble	0,53 %	0,36 %
SiO_2	22,30 %	22,09 %
Al_2O_3	6,77 %	5,66 %
Fe_2O_3	3,32 %	3,16 %
CaO	63,00 %	64,79 %
MgO	1,25 %	1,26 %
SO_3	1,27 %	1,23 %
Indices :		
SiO/Al_2O_3	3,29	3,90
Sio/R_2O_3	2,21	2,50
Al_2O_3/Fe_2O_3	2,04	1,79
Indice hydraulique	1,92	2,07

L'organisation et le développement économique de l'industrie du ciment Portland sont soumis au Japon, au contrôle de trois associations : (1) L'Association technique des Fabricants de Ciment Portland du Japon ; (2) L'Association du Ciment Portland du Japon ; (3) l'Union du Ciment du Japon. L'Association technique est un organisme scientifique constitué en 1909, qui comprend la presque totalité des cimenteries ; elle comporte trois sous-comités (le Comité des normes, le Comité du sable normal, et le Comité du béton) et tient des réunions générales, à l'occasion desquelles ses membres communiquent leurs rapports et mémoires. Parmi les tâches auxquelles s'est vouée cette Association

on peut citer l'uniformisation des méthodes d'essai, et l'adoption du sable normal actuel.

Presque toutes les cimenteries sont également membres de l'Union du Ciment. Il s'agit ici d'un organisme purement économique qui émet tous les trois mois un règlement pour la limitation de la production. Grâce à ce consortium, dont on peut s'attendre à voir le contrôle se renforcer avec le temps, les prix se sont stabilisés, ce qui rend la position financière des firmes adhérentes, bien plus satisfaisante.

Le principal marché qui s'ouvre au ciment Japonais est le littoral du continent asiatique. Les conditions climatériques sont si favorables que les fluctuations saisonnières ne sont pas et de beaucoup, aussi prononcées qu'en Europe et en Amérique du Nord. Le tableau III donne les variations saisonnières de la consommation de ciment au Japon.

TABLEAU III.

Pourcentages Mensuels de la Production Totale Annuelle.

	Japon	Allemagne	Amérique du Nord Moyenne des six dernières années
	%	%	%
Janvier ...	6,5	3,0	4,0
Février ...	6,5	5,0	4,2
Mars ...	8,0	8,0	6,4
Avril ...	9,0	8,0	8,6
Mai ...	9,0	10,0	10,3
Juin ...	8,5	10,0	10,8
Juillet ...	8,5	12,0	11,1
Août ...	8,5	12,0	11,5
Septembre ...	8,5	12,0	11,0
Octobre ...	9,5	12,0	10,6
Novembre ...	9,5	5,0	7,2
Décembre ...	8,0	3,0	4,5

Les restrictions imposées, au Japon, à la production dont consignées dans le tableau IV.

TABLEAU IV.

	Restriction maxima sur la production	Restriction moyenne sur la production
	%	%
Juin-Août 1928	32	27,6
Septembre-Octobre ...	26	22,8
Novembre	30	26,4
Décembre-Février 1929 ...	35	29,8
Mars 1929	33	30,0
Avril-Mai 1929	26	23,7

Compte tenu du ciment exporté, les cimenteries travaillent très près de leur pleine capacité. Les coefficients d'exploitation des dernières années sont les suivants :

	Nombre d'Usines	Coefficient d'Exploitation (Valeur moyenne) %
1925	26	83,1
1926	30	92,0
1927	30	92,5
1928	30	93,5

Jusqu'à présent, on manque de statistiques précises sur la répartition de la production suivant la nature du travail. On peut cependant se baser sur les chiffres approximatifs suivants :

	%
Chemins de fer	13,9
Stations d'énergie hydraulique	10,3
Travaux de ports	3,0
Routes et Ponts	6,2
Travaux publics divers	9,3
Edifices publics et maisons d'habitation	23,6
Mines	1,0
Objets fabriqués en ciment	2,2
Usages privés	29,7
Divers	0,8

Quoique le Japon arrive quatrième sur la liste des puissances productrices de ciment, sa consommation par habitant est relativement faible, ainsi qu'il ressort du tableau ci-dessous :

Consommation du Ciment par habitant et par an.

	Kilos		Kilos
Belgique	326	Italie	98
Amérique du Nord ...	250	Angleterre	77
Danemark	163	France	70
Norvège	130	Japon	50
Allemagne	115		

La faible consommation actuelle peut être considérée comme étant la meilleure garantie de développement futur pour l'industrie Japonaise du ciment Portland.

Au sujet des annonces.

Le texte de l'annonce doit parvenir à cet office au plus tard le 25 du mois précédent celui de la parution. Dans le cas où un nouveau texte ne serait pas parvenu à cette date, les éditeurs se réservent le droit de reproduire le texte précédent.

Dans le cas d'annonces devant être imprimées en plus d'une seule langue, on doit fournir soi-même les traductions. Si on le désire, les éditeurs se chargent de ce travail de traduction, mais il est entendu qu'ils ne pourraient assumer aucune responsabilité en ce qui concerne l'exactitude de la traduction.

L'industrie du ciment en Pologne.

par ANTONI EIGER.

L'industrie polonaise du ciment s'est considérablement développée depuis 1910. Après la Grande Guerre, la Pologne possédait 16 usines de ciment situées dans la région sud-ouest de cette république, sur la chaîne jurassique de Cracovie-Wielun, dans le voisinage des gisements de houille de Dabrowa, de Cracovie et de la Haute-Silésie, comme le montre la fig. 1 (voir page 695). Les usines Ros, Firley et Zdobunow situées en Pologne Orientale furent complètement détruites pendant la guerre; elles furent rebâties ensuite graduellement et commencèrent à fonctionner respectivement en 1923, 1926 et 1928.

L'accroissement de la capacité de production des usines a été très rapide. Pendant les années 1918-24, les progrès étaient lents, à cause de la guerre Russo-Polonaise et des troubles financiers du jeune Etat. La vente qui était de moins de 200.000 tonnes par an en 1920 a passé à 1.000.000 de tonnes en 1928. La capacité des fabriques qui était de 750.000 tonnes environ en 1919 a passé à 1.000.000 de tonnes en 1925, 1.250.000 tonnes en 1927 et 2.000.000 de tonnes en 1928.

La courbe des capacités est presque parallèle à celle des demandes. Pendant 1929 les producteurs du ciment, encouragés par la bonne vente de 1928 entreprirent l'agrandissement de leurs usines. De plus, on a commencé l'année dernière la construction d'une nouvelle usine qui aura une capacité de 150.000 tonnes. La consommation du ciment est relativement faible. Elle atteint un peu plus de 30 kgs par tête, tandis qu'en Allemagne elle atteint le chiffre de 100 kgs environ et plus de 200 kgs aux Etats-Unis, de sorte qu'on est en droit de prévoir des demandes plus importantes.

Un des résultats apportés par le grand développement de l'industrie a été l'équipement de la presque totalité des usines polonaises avec un outillage moderne. Le pourcentage de la production des usines non équipées avec des fours rotatifs a diminué depuis 13,3% en 1920 jusqu'à 3,9% en 1929. Voici des pourcentages de production relatifs à différents fours: Fours rotatifs (voie humide), 76,0; fours rotatifs (voie sèche), 17,6; fours rigides automatiques 2,5; fours rigides, 3,9.

Les matières premières employées sont les suivantes: pierre à chaux et argile 74,0%; craie et argile 13,5%; marne naturelle 12,5%. La marne naturelle est en usage dans 3 usines; elle doit seulement être additionnée d'une petite proportion de craie ou d'argile. Toutes les usines emploient le charbon pulvérisé pour le chauffage des fours.

La demande insuffisante sur le marché polonais a forcé les fabricants polonais à envisager l'extension de leurs ventes à l'étranger. Mais là, ils sont handicapés par la situation géographique de leur pays. La plus grande partie de la production polonaise est localisée, comme nous l'avons déjà dit dans la région du sud-ouest, qui est à plus de 650 km de la mer. Une autre difficulté qui a persistée jusqu'à une époque récente était dûe au fait qu'il existait des lignes de navigation en très petit nombre embarquant directement de Danzig ou de Gdynia. Le ciment à exporter avait ainsi à être transporté par chemin de fer, embarqué à Danzig ou à Gdynia et, dans beaucoup de cas transbordé à Hambourg ou à Anvers, de sorte que le trafic extérieur devenait presque impossible. Cet état de fait a maintenant changé à cause du développement rapide de Gdynia reliée maintenant par des lignes directes avec l'Inde, l'Amérique du Sud, les Etats-Unis et le Proche-Orient, de sorte que le ciment peut être embarqué directement pour ces pays. Un autre grand avantage résultera de la mise en

service de la ligne de chemin de fer Haute-Silésie-Baltique qui sera terminée en 1932.

Les chiffres suivants montrent les exportations par bateau du ciment polonais. Les principaux marchés sont les Etats de la Baltique, l'Amérique du Sud, les Établissements des Détroits et le Proche-Orient; en 1924, 29.600 tonnes; en 1925, 11.800 tonnes; en 1926, 41.100 tonnes; en 1927, 150.436 tonnes; en 1928, 95.294 tonnes.

Des concentrations se sont constituées rapidement dans cette industrie depuis 3 années. En 1926 il y eut 2 groupes possédant 45% de la production totale, tandis que le reste soit 55% de la production était partagé entre treize compagnies. En 1927 trois groupes possédaient 67%. Le reste, soit 33% revenait à onze compagnies. En 1928 ces trois groupes augmentèrent leur production jusqu'à 85%, laissant les autres 15% à huit unités indépendantes. Finalement, en 1929, deux groupes contrôlaient 90% de la production tandis que les 10% restant appartenaient à quatre compagnies.

Le vente du ciment sur le marché intérieur et extérieur est assurée par la Société " Centro-Ciment " de Varsovie, qui agit comme le seul agent représentant toutes les usines de Pologne. Un département spécial du Centro-Ciment assure le service de la propagande relatif à l'emploi et l'utilité du ciment, contribuant ainsi à l'accroissement du marché local.

La fig. 1 (voir page 695) représente une carte montrant la distribution des usines à ciment à travers la Pologne; la fig. 2 (voir page 696) est une vue générale des usines Rejowiec, deux fours de 72 m. × 3 m. et un de 46 m. × 2 m. 45 des usines Wysoka sont représentés sur la fig. 3 (voir page 697); la fig. 4 (voir page 697) représente la vue générale des travaux entrepris la nuit dans une carrière de Pologne à l'aide d'un projecteur électrique.

Revue bibliographique.

Guide pratique du chimiste dans l'industrie du ciment. Par Constantin Tsountas. 102 pages. Paris: " Revue des Matériaux de Construction." Prix: 20 fr.

Un guide répondant à ce libellé s'adresse à trois classes de lecteurs: d'abord aux chimistes expérimentés, désireux d'entrer dans l'industrie du ciment, mais n'ayant pas l'expérience pratique de la fabrication; en deuxième lieu, aux aides adjoints aux chimistes de l'usine, désireux d'occuper un poste plus important; enfin aux administrateurs et directeurs de cimenterie n'ayant que peu de connaissances chimiques, mais qui tiennent à être suffisamment renseignés pour pouvoir se rendre compte de l'efficacité du contrôle que les chimistes de l'usine exercent sur la fabrication. Ce livre donne des méthodes pour l'analyse chimique du ciment et de ses matières premières, y compris le dosage rapide de la chaux; on y décrit l'essai courant des boues et des gaz de la combustion; il décrit les méthodes d'essai des combustibles, des lubrifiants et de l'eau. Il ne donne pas d'information sur ce qui doit constituer de bons ou mauvais gaz combustibles ou lubrifiants, de sorte que le lecteur sera finalement forcé de se reporter à un autre traité, s'il veut interpréter les résultats obtenus en suivant les indications du volume.

On y trouve une méthode pour déterminer l' " aptitude à la cuisson " des matières premières du ciment après malaxage, et il y est établi une règle permettant de distinguer les boues ou farines brutes propres à donner des résultats satisfaisants au four rotatif de celles qui ne le sont pas. La méthode consiste à chauffer 30 minutes à 950° C. 1 gr du mélange de matière brute,

et à doser le résidu insoluble du produit calciné. Si ce résidu ne dépasse pas 8%, on peut s'attendre à voir la cuisson donner de bons résultats dans la pratique; au-dessus de ce chiffre, la cuisson serait difficile, et, au delà de 12%, elle serait pratiquement impossible.

Il y a lieu d'émettre des objections sur la méthode décrite pour doser la chaux libre dans le ciment, basée comme elle l'est sur le traitement du ciment par une solution sucrée *aqueuse*.

Le dosage du résidu insoluble du ciment n'est pas de pratique courante; la silice soluble étant délibérément coagulée, on la dissout ensuite en lessivant le papier filtre avec une solution de carbonate de sodium. La méthode plus orthodoxe consisterait à dissoudre le ciment de manière à éviter la précipitation de la silice, et à faire bouillir le résidu dans une solution de carbonate de sodium. Le même procédé est indiqué pour doser le résidu insoluble des calcaires et de la marne, mais il est difficile de se rendre compte de quelle valeur peut être ce dosage.

Pour l'analyse du charbon, on spécifie une température comprise entre 70° C. et 80° C. pour apprécier la teneur en eau, procédé qui n'aboutit certainement pas à une grande exactitude; la méthode normale d'analyse du charbon, recommandée par le Fuel Research Board, mentionne une température de 105° C. à 110° C. pour l'épreuve d'humidité.

L'ouvrage comporte de bons conseils aux chimistes sur certains sujets tels que la surveillance personnelle de l'échantillonnage, le compte-rendu écrit des défauts de mouture et de cuisson, destiné aux chefs de ces services, et ainsi de suite. Le travail du chimiste de cimenterie est gâché s'il ne réussit pas à faire prendre en considération ses recommandations.

S.G.S.P.

Le four rotatif dans la fabrication du ciment.—IV.

par W. GILBERT.

Mesures relatives au charbon et au clinker.—On voit sur la colonne 7 de la feuille d'essai que la quantité de charbon pesée pendant l'essai atteignait 282,8 tonnes. Il est commode, pour faciliter les calculs, d'exprimer toutes les quantités de charbon comme étant " estimées sèches "; dans ce cas, la conversion se fait de la manière suivante:

	tonnes
Charbon brut pesé pendant l'essai	282,80
Humidité à déduire, 1,85%	5,20
Charbon pesé, estimé sec	277,60

Déduction.—Il faut déduire une quantité de charbon de 5,58 tonnes, perdue dans le sécheur sous forme de matière volatile et de poussière (nous en parlerons plus tard); une autre quantité de 2,35 tonnes provenant de ce que le niveau du charbon contenu dans la trémie était plus élevé à la fin qu'à commencement de l'essai, et correspondant à la différence des deux niveaux; il reste également à déduire une quantité estimée à 5,87 tonnes, et utilisée pour réchauffer le four toutes les trois heures consécutivement aux arrêts nécessités par les mesures

Pour les figs. 1-7, voir le numéro de janvier; pour les figs. 8-16, voir le numéro de mars; pour les figs. 17-20 et la feuille d'essai, voir le numéro d'avril.

effectuées sur le charbon au moyen du dispositif latéral. Toutes ces quantités donnent une quantité de charbon sec estimée à 13,80 tonnes au total. Par conséquent, le chiffre exact correspondant au poids de charbon sec absorbé par le four est de $(277{,}60 - 13{,}80) = 263{,}80$ tonnes.

Le clinker produit.—Le pesage de la quantité totale de clinker, y compris le clinker répandu par terre à l'extrémité du refroidisseur, a donné le chiffre de 928,9 tonnes. La durée de fonctionnement effectif prise à la col. 2 donne 133,3 heures, d'où le débit en clinker par heure :

$$\frac{928{,}9}{133{,}3} = 6{,}97 \text{ tonnes}$$

Consommation du four en charbon normal.—La col. 12 donne la capacité calorifique moyenne du charbon employé, soit 7500 cal/kg.

Donc :—

$$\text{Charbon normal, pour cent parties de clinker} = \frac{263{,}8}{928{,}9} \times \frac{7500}{7000} = 30{,}47\%$$

Mesures de tirage.—Voici les moyennes des mesures effectuées pendant l'essai toutes les trois heures :—

	cm d'eau
(1) Dans la coiffe du four en face du centre du four	0,63
(2) à l'intérieur du four, à l'extrémité de dégagement des gaz	0,99
(3) en face du four, à l'extrémité de dégagement des gaz ...	1,52
(4) à la base de la cheminée	3,57

La cheminée a donné un tirage plus fort qu'il n'était nécessaire, les moyennes des mesures effectuées sur chaque côté de l'étouffoir du four étant respectivement de 3 cm et de 1 cm 58.

Mesures de température.—Les valeurs moyennes des résultats obtenus sont les suivantes :—

	° C.
(4) Air admis dans le refroidisseur	22
(5) air admis dans la coiffe du four et venant du refroidisseur	298
(6) zône de clinkérisation, température de flamme	1480
(7) zône de clinkérisation, température de la matière	1340
(8) clinker sortant du four	1180
(9) clinker sortant du refroidisseur	148
(10) gaz dégagés à l'extrémité de dégagement du four ...	473
(11) gaz dégagés à la base de la cheminée	310
(12) air admis dans le four à travers le tuyau de brûlage du charbon	28

Les mesures inscrites dans les lignes 4, 9, 11 et 12 étaient effectuées toutes les trois heures, celles inscrites dans la ligne 10 l'étaient au moyen d'un enregistreur à fil, et le reste des mesures était effectué pendant le jour, quand les circonstances étaient favorables.

La température de l'air admis dans la coiffe du four après sa sortie du refroidisseur, inscrite dans la ligne 5 était mesurée au moyen du pyromètre à air chaud que nous avons déjà décrit (fig. 10).

On a construit, en face de la coiffe du four, à côté de la base, trois tuyaux ovales, mesurant 9 cm × 6 cm 4 à l'intérieur (fig. 18, page 564) ; ces ouvertures servaient à la fois pour mesurer la température de l'air, et pour mesurer la quantité d'air admise dans la base de la coiffe du four et provenant

du conduit de chûte du clinker. On combla de ciment le petit espace vide situé entre la base de la coiffe du four et la plateforme de chauffage.

Les chiffres figurant dans les lignes 6 et 7 furent obtenus au moyen d'un pyromètre optique et sont supposés être exacts; mais pour la ligne 8, où figure la température du clinker sortant du four, il est vraisemblable que les lectures correspondantes faites sur le pyromètre aient donné des valeurs de 85° C. plus basses que les températures réelles, ce fait étaint dû à la position plus exposée du pyromètre. Cette dernière correction a été déterminée au moyen d'un calorimètre à eau, en prenant la valeur 0,25 comme chaleur spécifique du clinker. Toutefois, il est plutôt difficile d'obtenir la température exacte du clinker sortant du four pendant le fonctionnement au moyen du calorimètre à eau, et on a dû faire plusieurs essais avent d'arriver à des résultats pouvant être considérés comme approximativement exacts.

Le calorimètre consistait essentiellement en un vase intérieur de cuivre contenant de l'eau, et un vase extérieur de tôle, avec un espace d'air de 1 cm 8 entre les deux. Le vase extérieur était recouvert par une couche épaisse d'amiante en feuilles rangées serrées l'une contre l'autre. Il y avait deux couvercles et un tube central communiquait avec le vase intérieur. On disposait le calorimètre adapté à l'extrémité d'un tuyau en fer, dans l'ouverture antérieure de la coiffe du four, de façon à y faire tomber quelques grains de clinker pris dans la périphérie du jet. Seulement, il n'était pas toujours possible d'y faire tomber la quantité convenable. On retirait promptement le calorimètre, et on transportait rapidement le vase intérieur dans un vase extérieur double qui n'avait pas été chauffé par insertion dans la coiffe du four. On notait l'élévation de température de l'eau, et on évaluait ensuite le poids du clinker à l'état sec. On prenait la valeur 0.25 comme chaleur spécifique moyenne du clinker pris entre 1,200° et 15° C.

On a trouvé qú'il était nécessaire de peser l'eau du vase intérieur avant et après l'expérience, étant donné que le clinker chauffé au blanc produisait, une fois arrivé au contact de l'eau, une certaine quantité de vapeur qui se dégageait (d'ordinaire de 1 à 1,5% de la quantité d'eau employée). Il fallait tenir compte la chaleur latente correspondant à cette quantité de vapeur.

D'ordinaire, tous les autres facteurs constituant le bilan de chaleur du refroidisseur se mesurent avec plus de facilité, de sorte que l'on pourra calculer, d'aprés les valeurs obtenues la température du clinker sortant du four avec une certaine valeur définie de la chaleur spécifique.

Mesure des quantités d'air.—Pour calculer la quantité de l'air s'écoulant dans un tuyau ou conduit, il faut connaître (*a*) le jaugeage moyen mesurant la vitesse de l'air, (*b*) la surface de la section droite de l'endroit où les mesures ont été effectuées, (*c*) la température de l'air, et (*d*) la hauteur de la colonne barométrique, car on doit introduire une petite correction résultant de la variation de cette dernière. Le poids d'air écoulé, exprimé en livres par minutes est donné par les quantités mentionnées ci-dessus à l'aide de la table 1. La formule donnée par cette table est la suivante:—

$$W = C \times a \times \sqrt{i} \times \sqrt{\frac{b}{30}}$$

La constante C, relative à la température de l'air est donnée dans la table pour chaque 27,7° C. On donne aussi la différence par degré. Pour une étude plus complète du sujet, nous renvoyons au traité " The Measurements of Air Flow," par E. Ower, du National Physical Laboratory (Angleterre).

La vitesse de l'air dans les différents points de la section droite d'un tuyau est loin d'être homogène; on a donc besoin, d'ordinaire, de prendre des mesures

en plusieurs points situés sur deux diamètres rectangulaires, ces points représentant, autant que possible, des surfaces égales de la section droite. On gradue convenablement les tubes Pitot afin de pouvoir repérer la profondeur à laquelle le tube est immergé par une lecture sur la partie émergente du tube. Il est recommandé de ne pas effectuer les mesures de vitesse de l'air à côté de la bouche d'un ventilateur ou dans un endroit situé immédiatement après une courbure ou un coude aigu dans le tuyau ou conduit. En adaptant un canal parallèle, sur une longueur de quelques mètres avant d'arriver à la section droite soumise aux mesures, la vitesse de l'air tend à devenir plus homogène qu'elle ne l'aurait été autrement.

TABLE I.

Mesure de l'écoulement de l'air.

Relation entre le poids de l'air écoulé par minute la température, et la vélocité mesurée par la jauge à eau.

Temperature en		Valeur de	Différence par degré		Remarques :
°F.	°C.	C.	°F.	°C.	
60	15,5	302,6	0,275	0,5	W = Poids de l'air écoulé en livres et kg par minute respectivement.
100	38	291,6	0,244	0,44	
150	66	279,4	0,216	0,39	
200	94	268,6	0,192	0,35	a = Surface du tuyau ou conduit en pieds carrés et m^2 respectivement
250	121	259,0	0,174	0,31	
300	142	250,3	0,156	0,28	
350	177	242,5	0,142	0,26	i = jaugeage par l'eau de la vélocité
400	205	235,4	0,130	0,23	
450	232	228,9	0,122	0,22	
500	260	222,8	0,112	0,20	b = hauteur barométrique en pouces et mm de mercure
550	288	217,2	0,104	0,19	
600	315	212,0	0,096	0,173	
650	343	207,2	0,090	0,162	C = Constante tabulée pour une série de température de l'air
700	371	202,7	0,084	0,151	
750	398	198,7	0,080	0,144	
800	426	194,5	0,076	0,137	D'où :
850	454	190,7	0,066	0,119	
900	482	187,4	0,070	0,126	$W = C \times a \times \sqrt{i} \times \sqrt{\frac{b}{30}}$
950	510	183,9	0,064	0,115	
1000	537	180,7			

On doit mesurer la température de l'air aussitôt qu'on aura effectué la mesure de vélocité.

L'air admis dans le four à travers le tuyau de brûlage du charbon.—On a effectué les mesures à 30 cm en avant du jet du cône de Venturi, où se fait l'admission du charbon pulvérisé dans le tuyau de brûlage. Le pression due à la vitesse de l'air (vélocité) était mesurée au moyen d'un modèle léger de tube Pitot du National Physical Laboratory (Angleterre), et d'une jauge à eau ordinaire constituée par un tube en U. Les chiffres entrant en ligne de compte sont les suivants :—

Tuyau de 15 cm de diamètre, surface de la coupe droite ...	(a) = 0,196 pieds carrés (1 dm^2 8)
Chiffre donné par la jauge à eau, mesurant la vélocité	(i) = 1,21 pouces (3 cm 07)
Température de l'air	(t) = 83° F (28,3° C)
Hauteur barométrique	(b) = 30,3 pouces (769 mm 6)

Pour trouver C correspondant à la température de 28,3° C on la tire de la table I.

Valeur de C pour t 15,5° C	=302,6
Différence = 23 × 0,275	= 6,3
D'où C	=296,3

et $W = 296{,}3 \times 0{,}196 \times \sqrt{1{,}21} \times \sqrt{\frac{30{,}3}{30}} = 64{,}2$ livres et 29 kg 12 respectivement par minute.

L'air admis dans la base de la coiffe du four.—La fig. 18 (page 564) montre une section droite de l'endroit où les mesures de la vélocité de l'air ont été prises. On a pris trois mesures, une dans chaque ouverture, celles-ci étant situées en des points convenablement espacés, au moyen du dispositif de tubes Pitot représenté dans la fig. 12, avec le tube employé pour mesurer la vélocité dirigé de haut en bas. Les mesures ont été éffectuées au moyen de la jauge à eau de précision, étant donné que la pression déterminée par la vitesse de l'air était inférieure à 1 cm 8. Voici les chiffres les plus importants.

Surface de la section droite aux ouvertures de jaugeage	(a) =18,2 pieds carrés (1m² 69)
Chiffre moyen donné par la jauge à eau, et mesurant la vélocité ...	(i) =0,049 pouces (1 mm 12)
Température de l'air	(t) =569° F (298,4° C)
Hauteur barométrique	(b) =30,4 pouces (772 mm 16)

Pour trouver C, on le tire de la table I :—

Valeur de C pour t=287,8° C	=217,2
Différence = 19 × 0,104	= 2,0
D'où C	=215,2

et $W = 215{,}2 \times 18{,}2 \times \sqrt{0{,}049} \times \sqrt{\frac{30{,}4}{30}} = 872{,}8$ livres et 395 kg 3 respectivement par minute.

Nous avons donnés la valeur moyenne de la pression déterminée par la vitesse de l'air dans un but d'illustration, mais en pratique, il est d'usage de prendre la racine carrée de chaque pression déterminée par la vitesse de l'air et d'en faire la moyenne pour obtenir une valeur moyenne de $\sqrt{i}$.

La mesure de la pression statique (tirage ou pression effective) sur une section droite de l'endroit considéré est effectuée au moyen de la jauge à eau de précision en enlevant à la partie supérieure du trépied la cheville mettant la jauge en communication avec le tube dirigé face au courant, et en laissant en communication le tube statique B seulement (fig. 11). Pour le cas qui nous occupe on a trouvé une valeur moyenne de 0 cm 71.

L'air montant dans le refroidisseur.—L'usage est de faire ici les mesures à l'aide d'un anémomètre du même modèle que celui employé pour les moulins à vent, car la vitesse de l'air est trop faible pour qu'elle puisse donner une indication mesurable sur la jauge à eau de précision, du modèle robuste. Le diamètre du refroidisseur à l'extrémité inférieure est de 1 m 67, ce qui donne une surface de section droite égale à 2 m² 2. Il y a un petit espace à

l'extrémité du four où les canaux de chûte n'existent pas; et c'est là qu'on dispose l'anémomètre. On effectuait la mesure plusieurs fois pendant le jour, et on a trouvé pour la vitesse moyenne de l'air à l'entrée du refroidisseur la valeur de 129 m par minute. Une kilo d'air à 22,5° C occupe un volume de 0 m³ 83 donc :

$$W = \text{kg/min} = \frac{129 \times 2{,}21 \times 0{,}454}{0{,}83} = 340 \text{ kg.}$$

On trouve quelque difficulté à effectuer cette mesure, cette difficulté résultant de la poussière provenant du clinker qui tombe en cascade. La vitesse de l'air à l'entrée du refroidisseur est d'habitude irrégulière; on déplace l'anémomètre sur la surface de la section droite pour avoir une vitesse moyenne.

D'après les deux mesures, relatives à l'air, précédemment effectuées, nous avons :—

	kg/min
Air admis dans la base de la coiffe	395
air admis dans le refroidisseur	340
Différence	55

En supposant que les mesures aient été effectuées correctement, cette différence doit représenter les fuites de l'air autour de l'extrémité chaude du refroidisseur, et quelque autre fuite d'air à travers la maçonnerie de briques dans le conduit de chûte du clinker. L'air admis dans ce conduit par fuites autour de l'extrémité du refroidisseur (fig. 18, page 564) n'a pu être jaugé d'une façon convenable à cause du rayonnement de l'ossature du refroidisseur et du déversement à l'extérieur d'une petite partie du clinker chauffé au rouge.

Les fuites autour de l'extrémité chaude du four.—La fig. 21 (page 703) montre un diagramme de l'enveloppe de raccordement de la coiffe du four. L'un des bandages supportant le four se trouve à 2 m 35 de l'extrémité de celui-ci. Le four avait une structure rigide et n'oscillait pas trop autour de son axe en tournant. Il était donc possible d'adapter l'enveloppe de raccordement assez près de la circonférence du four. On mesura la largeur de l'espace vide laissé entre les deux et on lui trouva 0,271 pouces (0 cm² 68) comme valeur moyenne. Le tirage de l'air est provoqué par le vide existant dans la coiffe du four, et il semble d'aprés la fig. 21 (page 703) que la presque totalité de la pression déterminée par la vitesse de l'air serait utilisée pour communiquer à l'air la vitesse initiale avec laquelle il doit pénétrer dans l'espace vide existant entre le bord de l'enveloppe de raccordement et l'ossature du four.

Cet espace vide, qui est constitué par une couronne de 90 pouces (2 m 28) de diamètre a comme surface :

$$\frac{90 \times \pi \times 0{,}271}{144} = 0{,}532 \text{ pieds carrés } (0 \text{ m}^2\ 049)$$

L'air admis doit suivre, autour du bord de l'enveloppe de raccordement, un chemin en forme d'angle aigu, ce qui occasionne la contraction du jet d'air. Pour un orifice à bord aigu dans une plaque circulaire, la contraction atteint approximativement 0,63 de la surface totale; mais ici, les conditions sont différentes étant donné que la contraction a lieu pour un seul bord. On

suppose que le chiffre qui convient ici est de 0,8, ce qui réduit la surface de fuite à $0,8 \times 0,532 = 0,426$ pieds carrés (0 m² 039).

Voici des chiffres se rapportant aux autres facteurs entrant en jeu :—

Tirage dans la coiffe du four	...	(i) = 0,25 pouces (0 cm 63)
Température de l'air admis ...	...	(t) = 70° F (21,1° C)
Hauteur barométrique ...	...	(b) = 30,3 pouces (769 mm 6)
Valeur de C, tirée de la table I	...	= 299,8

D'où, en appliquant la formule :—

$$W = 299,8 \times 0,426 \times \sqrt{0,25} \times \sqrt{\frac{30,3}{30}} = 64 \text{ livres et } 29 \text{ kg}$$

respectivement par minute.

La quantité d'air totale admise dans le four.—Nous pouvons donner celle-ci, en résumé, dans ce qui suit :—

Par le tuyau de brûlage du charbon	29
par les fuites de l'enveloppe de raccordement de la coiffe du four	29
à travers le refroidisseur	340
fuites à travers le conduit de chûte du clinker (par différence)	55
total	453

Nous pouvons admettre ces totaux pour le moment. On les comparera plus tard avec une autre évaluation effectuée à partir du poids de charbon brûlé par minute et à partir d'analyses faites sur le charbon et les gaz dégagés.

fig. 17 (page 562), plan de l'usine.—A = dépôt de stockage du charbon; B = cylindres à charbon; C = élévateur; D = sécheur à charbon avec foyer; E = élévateur; F = kominor; G = moulins tubulaires; H = élévateur; I = trémie pour charbon pulvérisé; J = four rotatif; K = refroidisseur; L = chambre de poussière; M = étouffoir du four; N = cheminée du sécheur à charbon.

fig. 18 et 19 (page 564), conduit de chûte du clinker et extrémité du refroidisseur, deux vues.—A = extrémité du four; B = coiffe du four; C = conduit de chûte du clinker en briques réfractaires; D = saillie; E = extrémité du refroidisseur; F = ouverture de jaugeage, en face de la coiffe du four.

fig. 20 (page 565), diagramme de vitesse du four.

fig. 21 (page 703), enveloppe de raccordement de la coiffe du four.

(À suivre).

Une usine à ciment en Nouvelle Zélande.

La nouvelle usine à ciment de la Milburn Lime & Cement Co., Ltd., de Burnside, près de Dunedin en Nouvelle Zélande, fut inaugurée le 11 mars 1929. Cette usine, construite par Edgar Allen & Co., Ltd., peut produire 1.000 t de ciment par semaine. Les matières premières sont le calcaire et la marne. En même temps qu'est pompée la pâte, un dispositif à secousses, au pied de la trémie à calcaire, vide cette trémie dans les godets d'un élévateur à chaîne sans fin qui transporte le calcaire jusqu'à un réservoir d'une capacité de 600 tonnes, adjacent au silo à pâte, et proche du premier broyeur mélangeur.

Le calcaire est ensuite amené par un transporteur à courroie jusqu'à un alimentateur à sole tournante qui alimente automatiquement un moulin mélangeur

où à lieu le premier concassage. La pâte est amenée au moulin au moyen d'une roue excentrée et elle passe dans le moulin, mélangée à la quantité d'eau convenable, en même temps que les calcaires. Le moulin mélangeur, mû par un moteur de 450 CV est du type rotatif ; il a une longueur de 11 m. et un diamètre de 2 m. Dans le premier compartiment les pierres sont concassées entre des billes d'acier forgé. A mesure que la pulvérisation avance, la matière passe dans le compartiment suivant, compartiment moyen du moulin, où elle est broyée entre des billes plus petites. L'opération est complète quand la matière arrive à passer dans le troisième compartiment où le dispositif de broyage est constitué par une série de très petites billes d'acier coulé. Du moulin mélangeur, le mélange de pierre calcaire et de marne est pompé dans trois bassins de correction, d'une capacité de 360 tonnes chacun. On empêche la solidification par une agitation à l'air comprimé.

Le four rotatif a 61 mètres de long et 2 m 7 de diamètre. Il est incliné de 1 : 24 sur l'horizontale et est mû par un moteur de 50 CV.

Un dispositif à secousses alimente le convoyeur qui déverse le clinker sur les soles d'alimentateurs automatiques. A ce moment, on ajoute au clinker 2% de gypse australien. Le moulin a des dimensions analogues à celles du moulin déjà décrit et est actionné par un moteur de 450 CV. Le ciment est en magasin dans vingt silos de 200 tonnes chacun d'où un système de transporteur à vis le conduit jusqu'à la station d'ensachage, dont le débit est de 25 tonnes à l'heure. On a prévu le dédoublement de chacune des parties de l'exploitation pour le cas où la demande de ciment se développerait suffisamment pour rendre cette mesure nécessaire.

L'installation électrique comprend 32 moteurs, développant une puissance de 2.100 CV. Deux de ces moteurs sont des installations marchant chacun avec un courant de 6.600 volts. La compagnie reçoit son énergie en gros à 6.600 volts et l'abaisse à 400 volts. L'installation comporte deux machines synchrones qui équilibrent la consommation dans l'usine.

La fig. 1 (voir page 708) est une vue générale de l'usine, tandis que la fig. 2 (voir page 709) montre le moulin finisseur pendant le montage.

L'industrie du ciment en Espagne.

par JULIÁN GIL MONTERO.

Le développement de l'industrie du ciment en Espagne est d'origine récente, et coïncide avec l'activité actuelle de l'industrie du bâtiment. La première cimenterie espagnole a été mise en route en 1898. Propriété de la Sociedad Anónima Tudela-Veguín, elle a été équipée avec des fours rotatifs, inventés quelques années auparavant. Jusqu'à cette époque, tout le ciment consommé en Espagne était importé.

L'usine de la Sociedad Anónima Tudela-Veguín est installée dans la province d'Oviedo, et comporte actuellement quatre fours rotatifs d'une capacité de production annuelle de 60 000 t. Quelques années après, en 1904, le comte de Güell, avec la collaboration de José F. de Navarro et de l'architecte catalan, D. Rafael Guastavino, a inauguré dans la province de Barcelone une nouvelle usine, qui a mis sur le marché la marque de ciment " Asland." En 1909 cette usine a été agrandie par l'adjonction de fours rotatifs supplémentaires, de plus de 40 m, capables d'une production annuelle de plus de 105 000 t. La Compañia General de Asfaltos y Portland Asland, qui possède cette usine, est actuellement le principal consortium de l'industrie du ciment en Espagne,

fabriquant 25% de la production nationale, avec une deuxième usine à Moncada (Barcelone), mise en marche en 1917; une troisième usine, dans la province de Tolède (près de Madrid), mise en marche en 1926, a fait l'acquisition de la cimenterie " Fama," édifiée dans la province de Biscaye en 1923. A l'heure actuelle, huit fours rotatifs sont en marche selon le procédé sec, avec une production annuelle de 500 000 t. Il existe, en outre, quatre usines travaillant d'après le procédé sec, dans les provinces de Madrid, de Barcelone et de Navarre, avec dix fours rotatifs et une production annuelle d'environ 400 000 t.

Le procédé humide a été adopté pour la première fois en Espagne par une usine de la province de Barcelone, appartenant à Don José Fradera, mise en marche en 1913, et qui est favorisée par les riches carrières de Vallcarca de Sitges. Cette usine comporte trois fours capables d'une production de 135 000 t par an, et fabrique à la fois le ciment Portland et le ciment de grappiers. Quatre autres usines utilisent encore le procédé humide, à Bilbao, Madrid, Tolède et Séville, avec cinq fours, et une production qui dépasse 300 000 t, en y comprenant l'usine de M. Fradera. En 1926, F. L. Smidth ont construit pour le compte de la S. A. Cementos Griffi, à Villanueva y Geltrú (Barcelone) une usine équipée d'un four produisant 30 000 t par an, et ne fabriquant que du ciment Portland blanc.

Le procédé de délayage épais, qui n'est pas encore très répandu en Espagne a été adopté par la S. A. Cosmos, de Madrid. Cette firme a ouvert en 1924 une usine à Toral de los Vados (province de Léon), équipée avec les appareils Amme, Giesecke et Konegen. Cette usine peut produire 60 000 t par an avec un four rotatif.

Il existe sept usines équipées avec des fours verticaux, dont le nombre global atteint trente-trois. La plus ancienne appartient à la Sociedad Aragonesa de Portland Artificial de Saragosse; son exploitation date de 1900, et elle a quatre fours en marche. La production annuelle totale des sept usines est d'environ 450 000 t. Ces usines fabriquent presqu'exclusivement du ciment Portland, sauf quelques unes qui produisent des ciment pouzzolaniques et des ciments de grappiers, et la S.A. Zumaya, sise dans la province de Guipuzcoa, qui fabrique le ciment portant son nom. A l'heure actuelle il y a trente cimenteries en Espagne, avec trente trois fours rotatifs, et autant de fours verticaux.

La guerre a occasionné une grande pénurie de ciment, et avec la hausse des prix qui en est résulté, les fabricants espagnols se sont rendu compte de la possibilité d'exporter leurs ciments dans les pays alliés. De nouvelles usines ont été mises en marche, et celles existant déjà ont été améliorées. La production annuelle totale, qui avait augmenté de 140 000 à 400 000 t de 1905 à 1914, a atteint 600 000 t en 1920. La consommation nationale s'est également accrue par suite le l'activité de l'industrie du bâtiment. Dans les grandes villes on a bétonné certaines rues, on a construit des routes à même de supporter le trafic automobile intense de l'époque actuelle, et les emplois du ciment se sont étendus de telle façon que la production, de 730 000 t en 1921, est passée à 800 000 t en 1923, à 1 175 000 t en 1924, et à 1 300 000 t en 1925. Dans l'étude des nouvelles usines, la proximité des centres de consommation, a été prise en considération, et comme il y avait déjà nombre de cimenteries au nord et dans le centre de l'Espagne, on a ouvert en 1922 et 1923 des usines dans la province de Valence et en Andalousie. L'activité des chantiers de construction et des travaux publics ne suffisait cependant plus à absorber l'excédent de la production des vingt usines qui étaient en marche en 1925. Une vive concurrence s'est déclenchée entre les fabricants, qui s'est répercutée sur les prix, et qui a été accrue par la mise en marche de cinq nouvelles usines, capables de produire 220 000 t en plus.

Les ciments alumineux et les ciments à haute résistance avaient à l'époque entamé avec le ciment Portland une compétition qui s'est fait sentir dans le monde entier. La concurrence n'a cependant pas été très vive en Espagne, car les fabricants, en maintenant les prix, ont pu opposer la qualité, et tout en recourant à tous les moyens pour réduire leurs prix, ils se sont efforcés également d'améliorer leurs ciments, et de les rendre capables de lutter avec les ciments à haute résistance et alumineux. La concurrence s'est poursuivie de plus en plus vive à la suite de l'ouverture des nouvelles usines; les fabricants ont alors senti la nécessité de former une association qui fixerait un prix de vente minimum, réduirait la production selon la demande, et empêcherait la mise en marche de nouvelles usines. A cette fin, il s'est constitué en décembre 1926 la " Agrupación de Fabricantes de Cemento Portland "; la concurrence a par suite cessé, quelques firmes ont fusionné, la qualité de la production a été améliorée, et les restrictions envisagées n'ont pas été nécessaires, car les travaux publics, grâce aux encouragements du Ministre du Fomento, señor Conde de Guadalhorce, ont provoqué une augmentation énorme de la demande nationale. C'est ainsi que le Circuito Nacional de Firmes Espaciales est chargé de l'amélioration des routes nationales; de grands travaux ont été entrepris aux rapides du fleuve Douro; les Confederaciones Sindicales Hydrográficas ont été créées pour mettre en valeur l'énergie hydraulique; les travaux des voies ferrées, des ports et des autres entreprises de construction, absorbent une telle quantité de ciment, que la production nationale, qui a atteint 1 500 000 t en 1929, s'est montrée insuffisante, toutes les usines travaillant à pleine capacité, malgré l'autorisation jugée nécessaire par le gouvernement de feu le général Primo de Rivera d'importer 300 000 t de ciment étranger à droits de douane réduits. La production nationale dépassera sous peu 2 000 000 de t, car une nouvelle usine sera bientôt mise en marche dans le district de Miraflores (province de Saragosse) par la firme S. A. Cementos Portland Zaragoza, avec des fours rotatifs, suivant le procédé humide; la société " Asland " construit une usine ultra-moderne à Cordoue; une autre est projetée dans la province de Valladolid, loin de tous centres de production, et dont on prévoit le grand développement futur.

L'Association des fabricants a commencé dernièrement à publier des brochures et à faire de la propagande pour faire apprécier les qualités du ciment Portland. Les usines augmentent leur capacité de production, et ouvrent des laboratoires et des bureaux d'information pour leur clientèle. La technique du bâtiment a fait des progrès considérables ces dernières années, grâce aux " gratte-ciels " et aux applications, de plus en plus étendues, du béton armé et des produits en béton.

La fabrication du ciment alumineux ne semble pas avoir de bonnes perspectives en Espagne. La bauxite n'est pas très abondante. Quelques publications techniques ont cependant suggéré la possibilité d'utiliser les bauxites pauvres pour améliorer le laitier de haut fourneau, conformément aux essais faits aux Etats-Unis par le " Bureau of Mines," qui a obtenu de cette façon des laitiers alumineux; ce procédé permettrait de produire une certaine quantité de ciment.

Le ciment Portland blanc, fabriqué pour la première fois en Espagne par la Compagnie " Asland " et ensuite par " Griffi " est l'objet d'une demande croissante pour les travaux de décoration et d'ornementation. A l'Exposition du bâtiment, tenue à Madrid en 1925, la Compagnie Asland a présenté des statues très soignées, faite avec du ciment Portland blanc de sa propre fabrication. Au Village Espagnol de l'Exposition Internationale de Barcelone de 1929, on s'est servi de ciment Portland blanc pour la reproduction d'édifices, de monuments et de détails d'architecture espagnols. Le ciment imitait à s'y méprendre la pierre calcaire, le granit, la brique, l'argile; la reproduction était parfaite, tant comme coloration que comme texture.

BAND 3. NUMMER 5. MAI 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
DIE INTERNATIONALE ZEMENTZEITSCHRIFT IN VIER SPRACHEN.

DEUTSCHER TEIL

VERLEGT BEI CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Erscheint am 20 jeden Monats. Preis 2 Shilling das Heft. Postfreier Jahresbezug 24 Shilling.

Die Prüfverfahren für Zement.

von Dr. C. R. PLATZMANN.

DIE Januar und Februar-Ausgabe dieser Zeitschrift enthalten eine Reihe verschiedener Beiträge, welche sich mit den Prüfungsverfahren für Zement beschäftigen, und die um so mehr Beachtung verdienen, als sie sämtlich bei sonst vielfältiger gegensätzlicher Auffassung einer Vereinheitlichung der Normenvorschriften mehr oder minder optimistisch das Wort reden. Eigene Veröffentlichungen[1], die bis auf das Jahr 1927 zurückgehen, haben sowohl auf die Verschiedenartigkeit der Normen in den einzelnen Ländern—es hatten die Vorschriften von 27 Staaten Berücksichtigung gefunden—wie auf die anzustrebende Vereinheitlichung dieser hingewiesen. Eine solche Tendenz ist nicht neu. Die Zusammenstellung, welche zum Beispiel A. C. Davis[2] in seinem vorzüglichen Werk vor Jahren brachte, kann nur dahin gedeutet werden, dass sie auf die Verschiedenartigkeit der Normen als unerwünscht hinweisen sollte.

Es haben sich überhaupt in den letzten Jahren die Stimmen derer gemehrt, die das bisherige System der Zementnormen abgeändert sehen möchten. Da sind einmal die von Féret (Boulogne-sur-Mer) und Ros (Zürich) getragenen Bestrebungen, die auf eine Prüfung plastischer Mörtel an Stelle der bisher üblichen erdfeuchten abzielen, und dann scheinen sich daneben Tendenzen geltend zu machen, welche das System noch radikaler ändern möchten, indem sie die Beurteilung der Güte auf Grund der chemischen Zusammensetzung anstreben. Als Exponent dieser Richtung wird man wohl zunächst einen in der Welt so bekannten Fachmann wie P. H. Bates vom Bureau of Standards in Washington anzusprechen haben, hat doch dieser 1927 in der, anlässlich des fünfzigjährigen Bestehens des Vereins Deutscher Portland Cement Fabrikanten erschienenen Festnummer der Zeitschrift " Zement " eine Abhandlung zu dem Thema " Der gegenwärtige Stand der Portlandzementforschung und die Möglichkeiten der Herstellung von hochwertigen Zementen "[3] veröffenlicht, an deren Schluss er sehr scharfe Kritik an den jetzigen Zementprüfungsverfahren übt, ihnen Empfindlichkeit, Präzision und Akkuratesse abspricht, besonders aber die Anwendung der bisherigen Verfahren auf die Prüfung von frühhoch-

festen-und Tonerdezementen verwirft. In diesem Zusammenhange muss auch einer kürzlich erschienenen Arbeit[4] gedacht werden, bei der meines Wissens zum ersten Male auf Grund experimentellen Materials der Versuch gemacht wurde, chemische Zusammensetzung und Festigkeit eines Zements in Beziehung zu einander zu bringen. Dieses ist um so interessanter, als gerade Dr. Haegermann in seinem Beitrag[5] für "Cement and Cement Manufacture" einen solchen Zusammenhang kurzer Hand bestreitet, andrerseits seine zuständige Sachverständigkeit aber schlechterdings nicht in Zweifel gezogen werden kann. Bei solcher Sachlage sei es gestattet, die erwähnte Arbeit von A. I. Poole hier ganz kurz zu würdigen. Poole will, unter Voraussetzung, dass Tricalciumsilikat der hydraulisch wichtige Hauptbestandteil des Portlandzements ist, aus der bei der Hydratation abgespaltenen Menge an Kalk, die er titrimetrisch bestimmt, Schlüsse auf die Festigkeit nach 7 Tagen ziehen. Diese Bestrebungen, das sei ohne weiteres zugegeben, sind noch lange nicht reif, um ihnen einen bereits normengemässen Ausdruck zu verleihen. Sie sind aber sicher so beachtlich, dass man angesichts der Unzufriedenheit mit den bestehenden Normen, ihrer Entwicklung weitgehendste Aufmerksamkeit schenken sollte, wird doch selbst von den eifrigsten Verfechtern der Beibehaltung des gegenwärtigen Normensystems ohne weiteres zugegeben, dass dieses unvollkommen und verbesserungsbedürftig ist. Das geht aus dem Artikel von Prof. H. Kühl[6] wie dem des Dr. Haegermann unzweideutig hervor. Auch die englischen Bestrebungen, eine grundlegende Revision ihrer Normenvorschriften herbeizuführen, können nur in diesem Sinne gewertet werden.

Wichtiger indessen als eine völlige Neuordnung der Normen ist zunächst der Versuch zu einer Vereinheitlichung zu gelangen. Daneben kann sehr wohl eine internationale Zusammenarbeit laufen, die darauf abzielt, das Normenverfahren überhaupt auf einer anderen, zeitgemässeren Grundlage aufzubauen.

Man wird sich zunächst sehr weitgehend darüber einig sein können, dass die ersten deutschen Normen aus dem Jahre 1878—die ältesten—seiner Zeit eine Tat sondergleichen bedeuteten, was am besten daraus ersichtlich wird, dass diese Normen und ihre späteren Revisionen die Vorschriften sehr vieler anderer Länder bestimmend beeinflusst haben. Man wird daher auch vollkommen verstehen, dass man gerade in Deutschland sehr an diesen Normen, ihrer Tradition und ihrer zweifellosen Bewährung durch Jahrzehnte hindurch hängt, ist doch durch diese die ungeheure gütemässige Steigerung der deutschen wie vieler Zemente anderer Länder überhaupt erst möglich geworden. Man hat aber andererseits gelegentlich die Empfindung—und zwar nicht allein in Deutschland—dass einzelne Länder die starre Beibehaltung ihres Normensystems zu einer Art nationaler Frage machen möchten, während bei der engen weltwirtschaftlichen Verflechtung der Länder andererseits kein Land Bedenken trägt, Abkommen mit anderen Ländern hinsichtlich der Absatzgebiete, Zölle usw. zu treffen. Eine solche Inkonsequenz ist schlechterdings unverständlich, weil Abkommen über Fragen der erwähnten Art naturgemäss auch gleiche Erzeugnisse von gleicher Güte voraussetzen.

Dr. Haegermann weist in seiner Arbeit mit Recht darauf hin, dass gerade die verschiedenen Normensande eine Vergleichsfähigkeit ausschliessen; er verurteilt aber gleichzeitig auch Prüfungen von Probekörpern aus reinem Zement und möchte offenbar auf dem Wege über die Prüfung plastischer Mörtel mit bemischtkörnigen Sanden zu dem auch ihm erstrebenswert erscheinenden Ziele einer Vereinheitlichung der verschiedenen Normenvorschriften gelangen. So geachtenswert ein solcher Vorschlag auch ist, und so wertvoll die Haegermannschen Ausführungen zu der Frage der Zementprüfung überhaupt auch sind, so

glaube ich dennoch, dass damit die lästige Sandfrage noch keineswegs gelöst ist, da die Schaffung eines gleichmässigen, gemischtkörnigen Sandes in der ganzen Welt die gleichen Schwierigkeiten wie bei den Normensanden bringen müsste.

Ich glaube auch weiter, dass die Abschaffung der Zugprobe von 1 : 3—Mörtel dem Prüfverfahren schadenbringend sein wird. Es besteht zweifellos bisher noch keine uns bekannte feste Relation zwischen Druck-und Zugfestigkeit, und doch sollte man auf fabrikatorischem Wege zu einer solchen zu gelangen suchen, da erfahrungsgemäss gerade die Bestimmung der Zugfestigkeit ein sehr wertvolles Kriterium hinsichtlich der Raumbeständigkeit eines Zementes ist. Zemente mit verhältnismässig hohen Druckfestigkeiten und unverhältnismässig niedrigen Zugfestigkeiten sind stets treibverdächtig. Der aber gleichzeitig die Tendenz besteht, die Raumbeständigkeitsprüfungen durch solche beschleunigter Natur,—Le Chatelier und Michaelis—, zumindest zu ergänzen, diese aber manche Treibursachen keineswegs eindeutig indizieren, bedeutet die Abschaffung der Zugfestigkeitsprobe den Verzicht auf einen notwendigen Sicherheitskoeffizienten, den auch die etwaige Aufnahme der Biegesfestigkeitsprüfung in die Normen nicht ersetzen kann. Da zudem die Prüfapparatur für Zugfestigkeitsbestimmungen erheblich weniger kostspielig ist als eine solche zur Ermittlung der Druckfestigkeit, und gerade die Betonindustrie in wachsendem Masse Wert auf eine wissenschaftlich-technische Baustoffkontrolle legt, sollte man eine solche dieser nicht unnötig erschweren und komplizieren. Die heutigen Zemente sind durchweg viel höher im Kalkgehalt eingestellt,— man denke nur an die frühhochfesten Zemente —, sie sind also auch der Treibgrenze näher. Jede, vielleicht nicht einmal bemerkte Unregelmässigkeit im Betriebe,— Vorzerkleinerung, Brennprozess, Klinkermahlung —, kann sich daher unter Umständen verhängnisvoll auswirken, wenn man nicht die Zugprobe als kritisches Mittel besitzt.

Dass man Bestimmungen über spezifisches Gewicht ohne weiteres entbehren kann, ist klar, denn H. Hühl weist durchaus zu Recht in seinem Beitrag darauf hin, dass unzureichendes spezifisches Gewicht sich bei anderen Prüfungen bemerkbar macht. Auch der Wert der Mahlfeinheitsbestimmung, hat sehr verloren, seitdem die existierenden Siebe nicht mehr in der Lage sind, ein klares Bild der Kornzusammensetzung, besonders hinsichtlich des feinsten Mehls zu geben. Der Wert ist sogar vollkommen problematisch für die frühhochfesten Zemente. Die Ausführungen D. B. Butler[7] in seinem Artikel „ Cement past and present " zu dieser Frage sind von überzeugender Wirkung, wobei insbesondere die zwingende Ueberlegung einleuchtet, dass alle Windsichtungsapparate in erster Linie ein Hilfmittel für den Zementfabrikanten darstellen. Es ist, um nur ein Beispiel herauszugreifen, natürlich ein Unding für die heutigen Zemente einen Rückstand von 5% auf dem 900—Maschensieb, —etwa dem 76 × 76-Siebe Englands entsprechend—, zu normieren. Dass auch ein Rückstand von 1%, wie er in England vorgesehen ist, nicht mehr den tatsächlichen Verhältnissen entspricht, hat Butler auf Grund seiner praktischen Erfahrungen einwandfrei nachgewiesen.

Die wesentlichen Punkte, durch die zur Zeit die Güte eines Zements bestimmt wird, bestehen, wie Dr. Haegermann sehr richtig feststellt, darin, dass eine richtig begrenzte Begriffserklärung, angemessene Bestimmungen der Abbindezeit und Raumbeständigkeit wie der Festigkeit normiert sind. Sind diese Vorschriften materialentsprechend, so sind alle weiteren Bestimmungen unnötig bezw. von minderer Bedeutung.

Die von Dr. Haegermann zur Frage der Abbindezeit vorgebrachten Ausführungen wird man voll und ganz unterschreiben können. Ich vermisse lediglich die Forderung nach der Konsistenzmessung, wie sie in den schweizerischen, oesterreichischen und polnischen Normen zum Beispiel vorgesehen ist, und von deren Einführung man sich gleichmässigere Ergebnisse mit dem Vicat-Apparat versprechen kann, zumal sich alle Beteiligten darüber einig sind, dass kein Messinstrument von grösseren Zufälligkeiten abhängig ist. So lange an dessen Stelle kein automatisch registrierender Apparat tritt,— und hierzu fehlen noch alle Voraussetzungen trotz vielfältiger Versuche —, wird man sich leider mit der Unvollkommenheit des gegenwärtigen Apparates noch längere Zeit abfinden müssen. Es ist allerdings denkbar, dass eines Tages eine Vorrichtung automatischer Art geschaffen wird, die in einer gewissen festen Beziehung zu den beim Abbinden auftretenden Wärmeerscheinungen steht, oder dass chemische Zusammensetzung und Abbindezeit eines Zements in Relation gebracht werden. Bis es indessen einmal so weit ist, wird noch viele Zeit vergehen und mancher untaugliche Apparat in Vorschlag gebracht werden. Dass eine Festsetzung des Termins für den Abbindebeginn notwendig ist, kann nicht bezweifelt werden. Dem in dieser Zeitschrift mehrfach behandelten Thema der fehlerhaften Abbindezeit wird in Zukunft Rechnung zu tragen sein durch genaue Normierung der Mischzeit. Hinsichtlich des Abbindeendes kann man hierfür vielleicht eine Vorschrift auf Grund der Haegermannschen Ueberlegungen entbehren, doch scheint aus Gründen der Kontrolle des Erhärtungsverlaufs eine solche Bestimmung dennoch nützlich, zumal bekannt ist, in welchen weiten Grenzen diesbezügliche Schwankungen aufzutreten pflegen. Da gerade verfälschte Zemente, wie mit Puzzolanen gestreckte oder aus hydraulischem Kalk und Hochofenschlacke aufgebaute, häufig eine unangemessene Verlängerung der Abbindezeit aufweisen, dürfte in der Festsetzung eines Termins für das Abbindeende eine gewisse Möglichkeit bestehen, solche Verfälschungen zu vermuten.

Gegen die zumeist übliche Raumbeständigkeitsprobe, einen Zementkuchen nach 28-tägiger Lagerung unter Wasser auf Verkrümmungen und Risse zu beobachten, wird namentlich von der Zement verarbeitenden Industrie eingewendet, dass man zumeist nicht in der Lage sei, vier Wochen zu warten. Die beschleunigten Raumbeständigkeitsproben, deren Begrenzung auf die Le Chatelier-und Michaelisprobe äusserst wünschenswert wäre, scheinen dagegen noch nicht unbedingte Gewähr zu bieten, dass später nicht doch Treiben eintritt. Die Ausführungen von H. Kühl die sich zum Beispiel gegen Variationen der beschleunigten Proben,— Australien —, wenden, sollten in möglichst weitgehendem Masse beachtet werden. Im übrigen wird zur Zeit nichts anderes übrig bleiben, wie die beschleunigten Prüfungen als vorläufige in Kraft zu setzen und die 28-tägige Kaltwasserprobe auch weiter als endgültige gelten zu lassen. Man sollte aber die beschleunigten Proben in Beziehung setzen zu einer Festigkeitsprüfung im frühen Alter nach 2 oder 3 Tagen und bei dieser Prüfung eine bestimmtes Verhältnis von Zug-zu Druckfestigkeit, wie zum Beispiel 1 : 10, verlangen, um damit den Sicherheitskoeffizienten zu erhöhen.

Ueber die Festigkeitsprüfungen ist bereits im Vorhergehenden einiges gesagt worden. Als wichtigste Frage wäre zunächst eine Entscheidung zu treffen, ob die Anfertigung der Probekörper mechanisch oder von Hand zu erfolgen habe. Das in England und Amerika,— auch Canada und Jamaica gehören hierher —, übliche, unter sich aber auch wieder verschiedene Verfahren der Herstellung der Probekörper von Hand muss ganz zweifellos als dem mechanischen Verfahren unterlegen angesehen werden, mag auch der mit dieser Arbeit Betraute sich eine grosse manuelle Gewandheit erworben haben. Die Gewähr für die

Gleichmässigkeit der Probekörper muss bei der maschinellen Anfertigung notwendigerweise eine grössere sein sowohl, was die auf jeden Probekörper entfallende Masse wie ihre Gleichförmigkeit,— gleichmässige Verteilung von Zement, Sand und Wasser—, anbetrifft. Wie sehr man selbst in England diese Empfindung hat, beweisen die Ausführungen von R. H. H. Stanger[8] in dieser Zeitschrift, der zur Vermeidung von Ungleichmässigkeiten die Einführung des Hammerapparates in die englischen Normen befürwortet. Auch die an einen Vortrag von D. B. Butler sich anschliessende Diskussion[9] zum gleichen Thema liess von verschiedenen Seiten den Wunsch erkennbar werden, dass die englischen Normen in Zukunft dahingehend revidiert werden, dass die Herstellung der Probekörper auf maschinellem Wege zu erfolgen habe. Wenn man sich aber in England dazu entschliessen würde, eine maschinelle Anfertigung der Probekörper zu verlangen, so wäre ein sehr wesentlicher Schritt in Richtung einer Vereinheitlichung der Normen getan, besonders, wenn man den moralischen Kredit erwägt, den England als Mutterland der Portlandzement-Industrie besitzt. Es kann dann keinem Zweifel unterliegen, dass Canada und Jamaica dem englischen Beispiel sicher, die Vereinigten Staaten wahrscheinlich folgen werden. Australien hat bereits vor längerer Zeit die maschinelle Anfertigung der Probekörper vorgeschrieben. Bei der Wahl zwischen Hammerapparat und Klebescher Ramme sollte man dem ersteren den Vorzug geben, da die Verdichtung mittels Ramme ungleich stärker ist und den Verhältnissen in der Baupraxis weniger nahe kommt als bei Verwendung des Hammerapparates.

Den Verhältnissen in der Praxis sollte man sich aber unter allen Umständen, so weit darunter die Präzision der Prüfung nicht leidet, nach Möglichkeit nähern. Aus diesem Grunde scheint auch die Abschaffung der Zugprobe aus reinem Zement anzustreben zu sein. Zement wird nicht rein verarbeitet, und der Sinn der Normenprüfung ist doch der, dass die verarbeitende Industrie an das Erzeugnis einen Gütemassstab anlegen kann. Die Einwendungen, dass man den Zement und nicht einen Mörtel prüfen solle, und dass weiter die Zugprobe aus reinem Zement die Unterscheidung von Abarten erleichtere, können in diesem Zusammenhange nicht als stichhaltig angesehen werden, da zunächst einmal eine prägnant gefasste Begriffserklärung vor Verfälschungen schützt, weiter aber die Herstellung schwindrissfreier Probekörper aus reinem Zement ihre Schwierigkeiten hat und endlich die meines Erachtens vorzuschreibende Beziehung zwischen Zug-und Druckfestigkeit, über die oben bereits das Erforderliche gesagt wurde, einene weiteren Schutz gewährleisten soll.

Neben dieser Vereinheitlichung sind naturgemäss auch die Prüftermine einheitlich zu gestalten. Uber die Prüfung nach 7 und 28 Tagen herrscht allgemeines Einverständnis. Im Interesse der verarbeitenden Industrie ist aber in Zukunft unbedingt auch die Einführung eines Prüftermins nach 3 Tagen zu fordern. In diesem Punkte scheint eine Einigung unschwer erzielbar. Gegebenenfalls wäre, wie in Oesterreich bereits geschehen und in England vorgesehen, statt dessen die 28-tägige Prüfung abzuschaffen.

Bei der Frage, welche Arten von Festigkeiten ermittelt werden sollen, kann es nicht zweifelhaft sein, dass sowohl Zug-wie Druckfestigkeit wertvolle Eigenschaften eines Zements anzeigen. Ich halte, um die Verfahren nicht unnötig zu komplizieren und die Prüfung zu langwierig sowie zu kostspielig zu gestalten, persönlich die Aufnahme der Biegefestigkeit für entbehrlich. Dabei leitet mich überdies die Erwägung, dass die Biegefestigkeit keine einfache Beanspruchung darstellt, sondern dass diese eine Kombination von Druck und Zug ist. Dass man auch in England neuerdings der Druckprobe erhöhte Aufmerksamkeit

schenkt, ist sehr begrüssenswert und besonders bei der vorher erwähnten Diskussion offenbar geworden. Die Chance in diesem Sinne zu einer Vereinheitlichung zu gelangen, besteht also unzweifelhaft bei etwas gutem Willen aller an der Sache interessierten Kreise.

Dr. Haegermann verspricht sich sehr viel von der Prüfung plastischer Mörtel. Es ist sicher, dass für diese gewichtige Argumente sprechen, von denen besonders die Angleichung an die in der Baupraxis herrschenden Verhältnisse und die Entbehrlichkeit von maschinellen Apparaten zur Anfertigung der Probekörper erwähnt werden sollen. Die Festigkeiten, welche bei der Prüfung plastischer Mörtel erhalten werden, liegen allerdings unter den mit erdfeuchten Mörteln erhaltenen. Das ist und braucht kein Schaden zu sein. Vielfach ist in den letzten Jahren die Bedeutung der Druckfestigkeit etwas einseitig übersteigert worden, besonders im Hinblick auf die nicht in gleichem Masse gewachsene Zugfestigkeit. Die grösste, die Einführung der Prüfung plastischer Mörtel hindernde Schwierigkeit dürfte in der Einigung über den gemischtkörnigen Sand bestehen und darin, einen solchen in der ganzen Welt in gleichmässiger Weise und von gleicher chemischer Zusammensetzung zu beschaffen, wenn einmal eine solche Prüfung zum internationalen Beschluss geworden ist, zumal sich andere Länder kaum darauf einlassen werden, einem einzelnen Lande ein Monopol auf diesen Normensand der Zukunft zu erteilen.

Die Bedeutung der Höhe des Wasserzusatzes und der Konsistenz ist nicht nur von R. H. H. Stanger[10] sondern auch von Dr. Haegermann[11] eingehend gewürdigt worden. Hierauf wird noch in einer zweiten Abhandlung zurückzukommen sein, zumal ja im Anschluss an die in Heft 1 dieses Jahrganges angeregte Diskussion noch weitere Beiträge zur gleichen Frage folgen werden und sich Gelegenheit geben wird, zu diesen Stellung zu nehmen.

Der Verfasser dieser Zeilen hat schon 1928 Vorschläge[12] für einheitliche Normen gemacht. Es ist erfreulich, dass nunmehr, wo in der viersprachigen Ausgabe dieser Zeitschrift ein Diskussionsmittelpunkt ohne gleichen geschaffen wurde, diese Bestrebungen in Fluss zu kommen scheinen. Dass dafür Interesse in der ganzen Welt besteht, ist sicher, und es scheint auch möglich, sehr viele, heute noch divergierende Bestimmungen zu vereinheitlichen. Man sollte zu Gunsten solcher Tendenz lieber auf die eine oder die andere Bestimmung der Normen des jeweilig eigenen Landes verzichten, oder aber man sollte, sofern eine Einigung nicht erzielt werden kann, internationale Normen schaffen, die in jedem Lande neben den nationalen Vorschriften für eingeführten Zement Geltung haben. Als Zwischenstadium wäre eine solche Lösung sicher tragbar, zumal meiner Auffassung nach die Vereinheitlichung nur auf dem Wege stufenweisen Ausgleichs, nie aber von heute auf morgen, verwirklicht werden kann. Dem internationalen Verband für die Materialprüfungen in der Technik eröffnet sich hier eine äusserst dankbare Aufgabe, für deren Lösung ihm Zementfabrikanten, Zementhändler und Zementverbraucher sicher dankbar sein werden.

Literatur.

[1] „Zement" Nr. 45 (1927) S. 1067/1073, Nr. 36 (1928) S. 1335/1336; „Rock Products," Chicago vom 21.1.1928, S. 97; „Concrete," Chicago, Band 32, Nr. 2 (1928), S. 103/108; The Journal of the Society of Chemical Industry, Japan, Band 32, Nr. 8 (1929) S. 797/807.

[2] A. C. Davis: „A Hundred Years of Portland Cement, 1824/1924." S. 191 und folgende, Verlag: Concrete Publications, Ltd., 20, Dartmouth Street, London, S.W.1.

[3] „Zement," Nr. 34 (1927) S. 753/757; die gleiche Arbeit erschien auch in der amerikanischen Zeitschrift „Rock Products"—Chicago.

[4] „Zement," Nr. 49 (1929) S. 1426.

[5] „Die Prüfungsverfahren für Zement," „Cement and Cement Manufacture," Band 3, Nr. 1 (1930).

[6] „ Cement and Cement Manufacture," Band 3, Nr. 1 (1930).
[7] „ Cement and Cement Manufacture," Band 3, Nr. 2 (1930).
[8] „ The Testing of Portland Cement," „ Cement and Cement Manufacture," Band 1, Nr. 1 (1928) S. 14/15.
[9] „ The Future of Cement Testing," „ Cement and Cement Manufacture," Band 2 (1929), S. 62/64.
[10] „ Cement and Cement Manufacture," Band 1, Nr. 1 (1928) S. 13/14.
[11] „ Cement and Cement Manufacture," Band 3, Nr. 1 (1930).
[12] „ Zement," Nr. 36 (1928), S. 1335/1336.

Die Entropie des Portlandzements.

von Dr. GEOFFREY MARTIN.

Betriebsingenieure übersehen oft die Tatsache, dass es, wenn sie mit Oefen zu tun haben, in denen Stoffe hergestellt werden, die chemische oder physikalische Veränderungen erleiden, sich nicht nur um die verbrauchte Wärmemenge als Zählfaktor handelt, sondern dass es sich in erhöhtem Masse um den thermischen Druck oder die Temperatur, wie diesen die Physiker nennen, handelt, mit der die Wärme auf das Material übertragen wird. Beispielsweise sind 100 kcal von einem thermischen Druck in Höhe von 100° C. wesentlich weniger gut verwertbar als 100 kcal Einheiten von z.B. 1425° C. In dem einen Falle werden die 100 kcal keinen Zementklinker erzeugen, und in dem anderen Falle können die 100 kcal in eine äquivalente Menge Klinker umgewandelt werden.

Die übliche Wärmebilanz des Drehofens ist vom technischen Standpunkt aus praktisch wertlos weil die Wärmemengen in so und so vielen kcal ausgedrückt werden, ohne dass unterschieden wird, ob diese kcal. bei hohem oder niedrigem thermischen Druck bezw. hoher oder niedriger Temperatur zur Verfügung stehen.

Wenn z.B. die Flammentemperatur nur 805° C. beträgt, so würde es erforderlich sein, eine unendliche Menge von Kohle zu verbrennen, um auch nur 1 g Klinker zu erzeugen, während dagegen wir 100 t Zementklinker herstellen konnen mit einem Verbrauch von nur 6,36 t Normenkohle, wenn die Flammentemperatur ihr Maximum von 2966° C. erreicht hat. Mit einer Flammentemperatur von 1425° C. können wir 100 t Klinker durch die Verbrennung von 24,8 t Normenkohle erzeugen.

Der Verfasser ist der Auffassung, dass die Unkenntnis dieses Faktors zum grossen Teile dafür verantwortlich ist, dass in den letzten dreissig Jahren die Konstruktion der Zementöfen sich in ihren Fortschritten verzögert hat. Viele kostspielige Versuche sind angestellt worden, die, wie hätte vorausgesagt werden können, zum Misserfolg verurteilt waren, weil die Konstrukteure sich nicht dieser fundamentalen Regel der Thermodynamik bewusst waren.

Mathematische Physiker drücken die Tatsache, dass nicht nur die Wärmemenge sondern auch der thermische Druck bezw. die Temperatur, mit der die Wärme übertragen wird, von Bedeutung ist, durch die Einführung des Begriffes der Entropie aus. Die Entropie-Aenderung einer Substanz wird durch die Wärmemenge, die in das Material übergeht, dividiert durch die absolute Temperatur, mit welcher sie übertragen wird, gemessen. Wenn ϕ

Entropie-Aenderungen fester Stoffe bei der Herstellung von einem 453 g Portlandzementklinker, beginnend bei 0°C.

Temperatur.		Entropie φ „Ranks."	Bemerkungen.	Gesamte Entropie-Aenderung in den einzelnen Stadien.	Gesamte Entropie Aenderung in den einzelnen Ofenzonen.
t °C.	T °K.				
0	273	0,00	—	+ 0,128	Trocknungszone 0,124
100	373	0,124	—		
100	373	0,124 beim Beginn von 100°C.	Aus Kieselsäure-hydrat vertriebenes Wasser	+ 0,006	—
		0,130 „ Ende „ 100°C.			
100	373				Vorwärmezone 0,447
155	428,5	0,189			
211	484,1	0,238			
267	539,6	0,282			
322	595,2	0,322			
378	650,7	0,358			
433	706,3	0,391			
488	761,8	0,422			
544	817,4	0,450			
600	873	0,477 beim Beginn von 599°C.	Vertreibung von Wasser aus Kaolin	+ 0,009	
		0,486 „ Ende „ 599°C.			
655	928,5	0,510			
711	984,1	0,534			
766	1039,6	0,556			
805	1078	0,591			
805	1078	0,591 beim Beginn von 805°C.	Vertreibung von CO_2 aus Rohlensaurem Kalk	+ 0,418	Entkarbonisierungszone 0,418
		0,989 „ Ende „ 805°C.			
805	1078	0,989		—	Sinterzone 0,0582
860	1133,5	1,0033		—	
916	1189,1	1,0168		—	
971	1244,6	1,0297		—	
1027	1300,2	1,0420		—	
1082	1355,7	1,0539		—	
1138	1411,3	1,0651		—	
1193	1466,8	1,0761		—	
1249	1522,4	1,0864		—	
1305	1578	1,0967		—	
1360	1633,5	1,1063		—	
1370	1643	1,1080		—	
1370	1643	1,1080 beim Beginn von 1370°C.	Wärmeabgabe infolge exothermer Reaktion bei der Klinkerbildung.	− 0,0608	
		1,0472 beim Ende von 1370°C.			

die Entropie-Aenderung, Q die Wärmemenge und T die absolute Temperatur bedeuten, dann ist, mathematisch ausgedrückt

$$\phi = \int \frac{dQ}{T}.$$

Die Entropieeinheit wird als ,, Ranks '' nach dem Ingenieur Rankine, der den Begriff der Entropie in seiner Anwendung auf Dampfmaschinen und Dampfkessel sehr entwickelt hat, bezeichnet.

Der Begriff der Entropie ist von ausschlaggebender Bedeutung für den Dampfkesselingenieur. Mit seiner Hilfe werden Probleme des Dampfingenieurwesens leicht und schnell gelöst, die sonst sehr schwierig, wenn nicht unmöglich, auf andere Weise zu lösen wären.

Die grundlegenden Fortschritte in neuerer Zeit beim Bau von Dampfkesseln und Dampfmaschinen sind aus dem Begriff der Entropie und der verfügbaren Energie hervorgegangen. Die von Prof. Callendar und anderen in den letzten Jahren veröffentlichten Entropie-Tabellen haben die notwendigen Zahlenwerte allen Dampfkesselingenieuren zugänglich gemacht. Für den richtigen Entwurf eines Zementofens ist eine Kenntnis der Grösse der Entropie-Aenderungen, wie sie sich in den verschiedenen Stadien der Zementklinkerbildung bemerkbar machen, nicht minder wichtig.

Thermodynamische Berechnungen der Zementbildung lassen erkennen, dass bei richtigem thermodynamischen Entwurf ein idealer Ofen 100 t Zementklinker durch die Verbrennung von 6,36 t Normenkohle, 7000 kcal erzeugen kann, und dass bei Anpassung der Ofenprojekte an die Entropie-Aenderungen des Rohmaterials in den verschiedenen Teilen des Ofens die Oefen mit viel grösserem Wirkungsgrad als irgend einer der jetzt existierenden konstruiert werden könnten. Praktische Ofenkonstrukteure, welche mit der thermodynamischen Theorie vertraut sind, werden die folgende Tabelle, in welcher ich die Entropie-Aenderungen fester Stoffe bei der Herstellung von 453 g. Portlandzementklinker, beginnend bei 0° C., berechnet habe, willkommen heissen. So weit mir bekannt ist, ist dieses das erste Mal, dass solche Tabellen für die Zementindustrie berechnet werden. Unzweifelhaft wird es in Zukunft möglich sein, noch genauere Tabellen aufzustellen, wenn die thermischen Werte in ihrer Beziehung zur Zementbildung präziser bestimmt sein werden.

Die Deutsche Zementindustrie im Jahre 1929.

Anlässlich der Werkbesitzerversammlung des Deutschen Zement Bundes machte der Vorsitzende des Bundes Dr. H. P. Riepert am 27. Februar 1930 in Berlin folgende Angaben über das verflossene Wirtschaftsjahr.

Während die deutsche Zementindustrie 1928 einen, die Aussenseiterwerke einschliessenden Gesamtabsatz von 8,5 Millionen t aufwies, brachte das Jahr 1929 infolge des überaus strengen Winters zunächst einen fast völligen Stillstand des Absatzes, dem im April eine bisher nicht erlebte Uebersteigerung der Abrufe folgte. War das Jahr 1928 durch gleichmässiges Ansteigen und allmähliches Abschwellen des Absatzes charakterisiert, so kennzeichnete sich 1929 durch Extreme nach beiden Seiten.

Obwohl der Absatz der kartellmässig gebundenen Werke 1929 um 500000 t oder 7% hinter dem Vorjahre zurückblieb, wurde trotzdem ein Gesamtversand von 8,44 Millionen t erzielt, was sich durch den Mehrabsatz der Naturzement- und Portlandzementaussenseiter-Fabriken erklärt. Der Inlandsverbrauch erreichte 7,37 Millionen t.

Auch der Aussenhandel in Zement zeigte eine gegen 1928 ungünstige Entwicklung, wie aus der folgenden Uebersicht hervorgeht:

	1928	1929
Einfuhr nach Deutschland ...	144000 t	154000 t
Ausfuhr aus Deutschland ...	1,09 Millionen t	1,07 Millionen t

Trotz der auch 1929 gestiegenen Produktionskosten—Kohle und Löhne—war es möglich, die Verbandspreise unverändert durchzuhalten, obwohl in dem Kampfe um den Absatz mit dem Ausland, Aussenseitern und Naturzementen in den besonders umstrittenen Gebieten Nachlässe gewahrt werden mussten.

Die derzeitige wirtschaftliche Lage ist als ungünstig zu bezeichnen, da trotz des diesjährigen milden Winters mehr als 2½ Millionen Arbeitslose vorhanden sind, und da die Aufträge von Staat, Land und Gemeinde 1930 hinter denen der Vorjahre zurückbleiben werden.

Die deutsche Zementindustrie wird sich an der Begründung des geplanten internationalen Zementbüros im Haag beteiligen. Hierbei handelt es sich nicht um eine geschäftliche Organisation sondern um eine Geschäftsstelle, die statistische Angaben und den allgemeinen Interessen dienende Anregungen sammelt und Gelegenheit zu gegenseitiger direkter Fühlungnahme nach Bedarf bietet.

Auf der oben erwähnten Versammlung wurden im übrigen nur Fragen allgemein wirtschaftlicher Bedeutung behandelt, die indessen kein allgemeines Interesse beanspruchen können, da sie auf die spezifisch deutschen Verhältnisse des Wohnungsbaus und seiner Förderung eingestellt waren.

Transportvorrichtungen und Elevatoren in Zementfabriken.

von A. C. DAVIS, M.Inst.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.
(Betriebsdirektor der Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.)

Die vielen mit der Herstellung von Portlandzement verknüpften Arbeitsverfahren bedingen eine erhebliche Menge von Hebe-, Förder-und Transportprozessen. Die Zufuhr des Rohmaterials aus den Steinbrüchen wird gewöhnlich mittels Bahnbetrieb oder Seilbahn bewirkt, doch muss das Rohmaterial von dem ersten Lager den Mühlen, von den Mühlen den Silos oder Mischern und dann den Oefen zugeführt werden; der Klinker muss von dem Ofen nach dem Lager und von dem Lager nach den Mühlen gefördert werden; der fertige Zement muss von den Mühlen nach dem Lagerhaus, den Silos oder ihren Aequivalenten und so weiter transportiert werden. In vielen Stadien des Arbeitsverfahrens ist es auch erforderlich, Material hoch zu heben.

Bei weichen Rohstoffen, die nach dem Nassverfahren gemischt werden, werden Kreide und Ton gewöhnlich direkt den Vorwasch-Mühlen zugeführt; bei trocknen Rohstoffen hingegen besitzen die Transporteure vom Lager zumeist den Typ der Band-oder Riemenförderung (Abb. 1, Seite 681), welcher die Form von Rinnen hat, falls es notwendig ist, ihre Leistung zu erhöhen, oder die offen sind; der Natur des Materials entsprechend besteht keine Notwendigkeit, diese geschlossen zu bauen. Transporteure werden gelegentlich, wenn die Höhe nicht gross ist, geneigt montiert, um sowohl als Transporteur wie als Elevator

arbeiten zu können. Die grösste Steigung für Zwecke dieser Art dürfte 30° betragen, doch sollte man, wenn möglich, zu grosse Steigungen vermeiden. Die gewöhnliche geradlinige Geschwindigkeit sollte etwa 60 m in der Minute bei geneigten und bis zu 105-120 m in der Minute bei horizontalen Riemenförderern betragen.

Die Beschickung von Riementransporteuren wird gewöhnlich durch eine automatisch arbeitende Vorrichtung (Abb. 2, Seite 682) mit der Absicht, eine Lage von gleichmässiger Stärke zu erzielen, bewirkt und die Riemen sind auf eine Strecke von 1,8 bis 3,0 m mit einer Leiste am Zufuhrende eingefasst, um Materialverluste zu vermeiden. Schwer beladene Riemenförderer lagern in etwa 1 m Abstand auf Rollen; diese Abstände können vergrössert werden, wenn die Bänder weniger schwer beladen sind. Das Abgeben wird gewöhnlich, wenn auch nicht unbedingt nötig, am Ende des Riementransporteurs bewirkt, indem dieses Abwerfen auf eine Schütte in einen Trichterbehälter oder anders erforderlicherweise erfolgt. Dazwischen liegende Abwurfstellen werden vorgesehen, wenn das Material nach der einen oder der anderen Seite des Förderers an einer Zwischenstelle abgeworfen werden soll. Diese Abwurfvorrichtung ist beweglich und auf Schienenrädern montiert, die ihrerseits auf dem gleichen Rahmen lagern wie die Förderrollen (Abb. 3, Seite 682).

Der Antrieb wird durch einen Elektromotor mit Reduktionsgetriebe bewirkt oder durch einen Riemen mit Stirnradgetriebe. Der Antrieb wird gewöhnlich mit dem tragenden Rahmen verbunden, wobei vorgesehen wird, die Länge des Riementransporteurs am anderen Ende verstellen zu können. Sind die Temperaturschwankungen des geförderten Materials klein, so ist es lediglich nötig, eine Schraubenverstellung vozusehen. Ist indessen die Temperaturschwankung erheblich, so müssen automatisch arbeitende Adjustiervorrichtungen, zumeist mit Hilfe eines schweren Gegengewichts, getroffen werden.

Abb. 4 (Seite 684) zeigt einen Riemenförderer, der Rohmaterial transportiert: (*a*) das Aufgabeende mit Trichter und Leisteneinfassung; (*b*) das Abwurfende; (*c*) eine dazwischenliegende Abwurfstelle; (*d*) einen Querschnitt durch AA, der die Vertiefung des Förderers zeigt.

Elevatoren sind gewöhnlich vom Bechertyp und arbeiten in völlig gekapseltem Gehäuse. Ist das Material angreifend, so ist es üblicher, Treibriemen als geschmeidige Hilfsmittel zu verwenden, während hingegen Kettenglieder bei weniger angreifendem Material benutzt werden. Die Riemen sind entweder gewebte oder aus Segeltuch hergestellte mit so vielen Windungen, wie für Zweck, Belastung und Stärke notwendig ist. Greift das Material sehr stark an, so sollte das Segeltuch auf beiden Oberflächen mit einer Gummilage bedeckt werden. Die Becher können sich in einem Abstand von 30 bis 90 cm befinden; dort, wo die Arbeitsleistung verhältnismässig niedrig ist, sollte der grössere Abstand und dort, wo sie gross ist, der kleinere Abstand gewählt werden. Bei sehr grosser Leistung kann es sich als notwendig herausstellen, die Becher so nahe wie möglich, ohne dass die Entleerung gestört wird, zu plazieren.

Kettenelevatoren werden für die schwersten Belastungen bis zu 200 t in der Stunde gewählt. Unter diesen Umständen muss das Fassungsvermögen der Becher gross sein; die Becher sollten nahe aneinander angeordnet werden, um kontinuierliche Entleerung zu erzielen und die Kette muss angemessen stark konstruiert sein.

Wo Riemenförderung verwendet wird, kann die Geschwindigkeit bis zu 120-135 m in der Minute betragen, wobei die effektiv genaue Geschwindigkeit von dem Durchmesser der Hauptriemenscheibe abhängig ist. Bei Ketten müssen die Geschwindigkeiten beträchtlich unter diesem Werte liegen. Es ist

leichter aus dem zentrifugal wirkenden Entleerungseffekt bei Riemenförderung als bei Kettenbetrieb Nutzen zu ziehen.

Die Schnauze spielt am Elevatorkopf eine sehr wichtige Rolle zur Regulierung der Entleerung jeder Art von Becherwerken. Die Kante der Becherschnauze sollte sich zum Becher, wenn dieser anfängt, sich wieder nach unten zu bewegen, in einer derartigen Lage befinden, dass möglichst wenig in den Becher zurückläuft.

Abb. 5 (Seite 685) zeigt zwei Ansichten eines Becherwerks: (*a*) das Material, wie es in den Becher gelangt und durch den Becher ausgebaggert wird; (*b*) den oberen Teil mit Entleerung und Schnauzenplatten. Wenn man mit Fertig-oder Halbfertigmaterialien zu tun hat, so können die gleichen Grundsätze Verwendung finden, doch kann die Arbeit auch auf eine andere Art ausgeführt werden. Becher- (Abb. 6, Seite 686) und Schütteltransporteure (Abb. 7, Seite 686) werden häufig für Klinker verwendet. Im Stadium des Rohmaterials ist die Menge an Kornfeinem sehr klein, und im allgemeinen ist es nicht immer notwendig, die Elevatoren oder Transporteure zu kapseln. Weiterhin ist es nicht möglich, Schneckentransporteure für diesen Zweck wegen des schnellen Verschleisses zu verwenden. In den Endstadien der Fabrikation werden Schneckentransporteure wegen der Bequemlichkeit, mit denen diese völlig gekapselt werden können, und wegen ihrer staubfreien Arbeitsweise benutzt.

Schneckenförderer werden in Durchmessergrössen von 15 bis 60 cm oder selbst bis zu 75 cm, wenn die zu transportierende Menge gross genug, ist, dieses zu rechtfertigen, hergestellt. Gewöhnlich wird die Welle aus schwerem, nahtlos gezogenem Stahlrohr angefertigt, und die Flügel werden an dieses Rohr geschweisst oder durch eine besondere Form von Palmenbolzen befestigt. Die normale Länge jeder Schnecke beträgt 3 oder 3,5 m. Die darauffolgenden Längen sind durch einen Lagerzapfen miteinander verbunden, der seinerseits durch sein Lager mit dem Gehäuse verbunden ist, in dem die Schnecke sich dreht. Diese Kapselung kann entweder aus Stahlblech oder Gusseisen sein; wenn sich jedoch die Schnecke in oder unter dem Fussboden befindet, so kann das Gehäuse aus Beton hergestellt sein, der an Ort und Stelle gemacht wird. Die Lager können dann in gleicher Weise vorgesehen werden.

Abb. 8 (Seite 687) zeigt einen typischen Schneckentransporteur: (*a*) Längsschnitt; (*b*) Querschnitt mit Gehäuse aus schweissbarem Stahl; (*c*) einen gleichen Schnitt durch ein Betongehäuse.

Die gewöhnlichen Geschwindigkeiten der Schnecken schwanken von 100 Umdrehungen in der Minute für die klein dimensionierten bis zu 50 Touren in der Minute für die von 38 cm Durchmesser und bis 30 Touren in der Minute für die von 60 cm Durchmesser. Die Schnecke von 15 cm Durchmesser dürfte bei richtiger Geschwindigkeit ohne Schwierigkeiten 5 t stündlich, die von 60 cm Durchmesser bis zu 100 t in der Stunde fördern. Wegen der ständig aufwirbelnden Wirkung der Schnecke ist es notwendig, diese völlig zu kapseln, gleich mit welcher Art von Gehäuse. Ein Gehäuse aus schweissbarem Stahl hat gewöhnlich einen Mantel aus Stahlplatten, der an die Winkelecken der Rinne angebolzt ist. Bei Beton ist es üblich die Schnecke mit schachbrettartigen Fussbodenplatten, die 50 oder 60 kg/qm wiegen, zu bedecken. Dieses Gewicht ist ausreichend, um die Platten in ihrer Position zu erhalten.

Es ist wünschenswert, die umgebende Luft staubfrei zu erhalten, und um dieses zu erreichen kann man das Schneckengehäuse, sei es aus Stahl oder aus Beton, unter den leichten negativen Druck eines Exhaustors setzen. Dieser

Ventilator zieht von dem Gehäuse die erforderliche Menge an Luft, welche notwendig ist, um im Inneren einen leichten Zug zu erhalten. Manches Mal nimmt das Gehäuse die Form einer umgekehrten Rinne an, wodurch eine Haube gebildet und der Luftraum vergrössert wird.

Bandförderer werden selten für fertigen Zement wegen der staubigen Luft, die bei der Entleerung erzeugt wird, verwendet. Dort wo diese Art von Transporteuren für diesen Zweck benutzt wird, ist es erforderlich, sowohl das Aufgabeende wie das Abwurfende völlig zu kapseln, um die Störungen durch Staub zu reduzieren.

Elevatoren, besonders die von grösseren Dimensionen sind unbequem, wenn es sich um stark mehlartiges Material handelt. Wenn irgend möglich, sollten sie den Typ der kontinuierlichen Becher (Abb. 9, Seite 688) haben, die mit langsamer Geschwindigkeit arbeiten, und die Leistung sollte mehr durch die Grösse der Becher als durch die Geschwindigkeit erzielt werden. Kettentriebe sind im allgemeinen für diesen Zweck in Gebrauch, und die Abnutzung hat sich als nicht unnormal erwiesen. Geschweisste Eisenglieder mit Manganstahlhülsen und-Nieten sind die meist verwendeten Materialien, und die Ausführung der Teile aus diesen Materialien hat sich als befriedigend erwiesen.

Seitdem Silos allgemein für die Lagerung des fertigen Zements verwendet werden, hat sich eine neue Schwierigkeit ergeben, nämlich die aussergewöhnliche Höhe, auf die gehoben werden muss. Silos sind oft bis zu 30 m hoch, und trotzdem es möglich ist, einen Elevator für eine Hubhöhe von 30 m zu konstruieren, dürfte es sich wahrscheinlich als befriedigender herausstellen, die Gesamthöhe in zwei Hube unterzuteilen. Die Entleerung des unteren Elevators dürfte dann so vorgesehen werden, dass diese in die Becher des oberen Elevators erfolgt.

Zum Zwecke des Hebens auf Silohöhe stehen jetzt zwei pneumatische Methoden des Transports von mehlartigem Material zur Verfügung: (1) die Fuller-Kinyon Pumpe, bei der der Luftdruck grösser ist als der der Atmosphäre und (2) das F.L.S.-Transportsystem, bei dem der Luftdruck niedriger als der der Atmosphäre ist. Rohre aus schweissbarem Stahl werden für beide verwendet, und der Zement wird durch diese Rohre, nachdem er mit der richtigen Menge an Luft gemischt ist, gefördert. Die Menge erforderlicher Luft dürfte per Tonne Zement 8,5 bis 22,5 cbm betragen; die Menge dürfte von den speziellen Betriebsbedingungen abhängen. Die Fuller-Kinyon Pumpe ist aus einer kräftigen Schnecke, die in einem völlig gekapselten Gehäuse mit grosser Geschwindigkeit rotiert, hergestellt. Der Zement wird dem Gehäuse an dem Einlassende der Schnecke zugeführt und in die Rohrleitung nach dem anderen Ende weitergeleitet. Bei der Abgabe wird er innig mit Pressluft mittels einer mit vielen Löchern versehenen Flansche gemischt. Da die Luftrichtung mit der Fliessrichtung des Zements übereinstimmt fliesst die Zement-Luftmischung mit grosser Geschwindigkeit (18 bis 24 m in der Sekunde) durch die Rohrleitung und wird am anderen Ende abgegeben. Es entstehen keine Schwierigkeiten irgend einer Art beim Transport durch eine vertikale Rohrleitung. Es können indessen Schwierigkeiten beim Transport auf geneigter oder ebener Strecke wegen der Neigung zum Abtrieb, wenn die Luftgeschwindigkeit oder die Luftmenge zu klein sind, entstehen. Eine Geschwindigkeit von 18 m in der Sekunde ist möglicherweise die Grenze für auftretende Störungen und sollte nur für kurze Rohrleitungen Verwendung finden. Eine Geschwindigkeit von 24 m in der Sekunde erscheint für die meisten Fälle sicher, doch sollte bei sehr langen Leitungen Menge und Geschwindigkeit der Luft gesteigert werden. Dieses Transportverfahren ist bereits im Gebrauch für Rohrleitungen bis zu 915 m Länge. Das System

dürfte besonders vorteilhaft für Transportleitungen sein, die nicht gerade sind, und aus diesem Grunde kann es oft dann Anwendung finden, wenn normale Förder-und Hubsysteme unmöglich sind.

Abb. 11 (Seite 690) zeigt eine dieser Pumpen und Abb. 10 (Seite 689) stellt einen Schnitt dar: (*a*) Gehäuse; (*b*) Zufuhröffnung; (*c*) Schnecke; (*d*) Antriebsmotor; (*e*) Kupplung; (*f*) Luftring; (*g*) Entleerungsöffnung; (*h*) Beginn der Rohrleitung.

Der Kraftverbrauch und die Kosten dieses Verfahrens sind natürlich bei kurzen Transportstrecken hoch; wo jedoch die Länge der Strecke beträchtlich ist, und die Schwierigkeiten abnorme, hat es sich in vielen Fällen als rationell und erfolgreich erwiesen. Pressluft ist angenehm für viele Zwecke und zwar besonders für den Gebrauch über den eben berichtet wurde, doch ist sie wegen der geringen Nutzleistung des Kompressors teuer herzustellen.

Das F.L.S.-System arbeitet auf andere Weise. Es ist üblich, 2 Behälter von je 2 oder 3 tons Fassungsvermögen zu haben, deren Grösse von der Leistungs-Fähigkeit des Werks abhängt. Jeder Behälter ist durch eine Reihe von Ventilen und Rohren mit dem Tank oder dem zu entleerenden Aequivalent, mit dem Silo oder dem zu füllenden Lager, mit einem Exhaustor, mit einem Kompressor und einer Rohrleitung verbunden. Die Behälter werden abwechselnd vom Silo oder Tank durch die Exhaustoren gefüllt. Sie werden ebenso mittels des Kompressors durch Förderung zum Lager oder Silo geleert. Dadurch dass zwei Behälter zur Verfügung stehen, kann der Prozess praktisch kontinuierlich vor sich gehen, da während der eine Behälter durch den Exhaustor gefüllt, der andere durch den Kompressor entleert wird. Es ist nötig sorgfältig darauf zu achten, dass an dem einen oder anderen der vielen Ventile und Rohre keine Undichtigkeit eintritt.

Dieses Transport-System befindet sich mehr oder weniger noch in den Kinderschuhen, doch hat es sich bereits als möglich erwiesen, bis zu 30 oder 40 t in der Stunde auf diese Weise zu transportieren. Einige Anlagen dieser Art werden z.Zt. in England errichtet.

Bei dem System der Fuller-Kinyon Pumpe wird der Zement durch äussere Hilfsmittel transportiert, und die Schneckenpumpe bewirkt, in Verbindung mit der Pressluft, den Transport. Bei dem F.L.S.-System wird der Zement in den Behälter durch den Exhaustor angesaugt und die Entleerung, erfolgt durch den Kompressor. Es ist unmöglich, allgemeine Werte hinsichtlich des Kraftbedarfs für das letztere System zu erhalten. Bei dem Pumpensystem dürfte die notwendige Kraft etwa zwischen 3 und 5 PS per t bei einer Hubhöhe von 30 m und einer Rohrleitung von 150 oder 180 m Länge liegen.

INSERATE.

Alle, Anzeigen in der internationalen Zeitschrift „Cement and Cement Manufacture" betreffenden Anfragen müssen an Concrete Publications, Ltd., London, S.W.1, Dartmouth Street 20, (England), gerichtet werden.

Der Anzeigentext muss diese Adresse spätestens bis zum 25. des Monats, der der Veröffentlichung vorangeht, erreichen. Wenn die Herausgeber bis zu diesem Termin keinen neuen Text erhalten, behalten sie sich das Recht vor, den letzten Text erneut zu veröffentlichen.

Wenn Inserate in mehr als einer Sprache gedruckt werden sollen, so sollten die Uebersetzungen vom Inserenten geliefert werden. Auf Wunsch werden die Herausgeber diese Uebersetzung, allerdings ohne für ihre Genauigkeit zu haften, vornehmen.

Die neueste Entwicklung der japanischen Portlandzementindustrie.

In einer längeren Abhandlung beschäftigt sich M. Fujii mit der gegenwärtigen Lage der japanischen Zementindustrie, über welche in dieser Zeitschrift bereits mehrmals berichtet worden ist.* Die für die Leser noch nicht bekannten Tatsachen betreffen einmal die durch die Normen charakterisierte Güte des japanischen Zements, zum andern die wirtschaftliche Entwicklung und organisatorische Struktur der Industrie.

Die ersten japanischen Normen wurden 1905 mit Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft und Handel für verbindlich erklärt. Inzwischen sind diese dreimal revidiert worden (1909, 1919, 1927). Tabelle I gibt einen Ueberlick über die Entwicklung der Normenvorschriften.

Die bis 1919 vorgeschriebenen, sehr niedrigen Festigkeiten sind durch den bis dahin verwendeten zweikörnigen Tokio-Normensand bedingt gewesen. Dieser wurde durch Zerquetschen und Absieben von reinem Quarzit zwischen drei Sieben von 64, 144 und 225 Machen pro qcm erhalten. Nach Einführung des neuen Soma-Normensands, einkörniger Quarzsand zwischen dem 64 und 144—Maschensieb—, wurde eine erheblich höhere Festigkeit erreicht, der in den Normen vom April 1927 bereits dar erste Mal Rechnung getragen worden ist. Die folgende Uebersicht gibt einen ungefähren Begriff der Art des jetzigen japanischen Normensandes und der mit ihm erzielbaren Festigkeiten im Vergleich zum deutschen und amerikanischen Normensand.

	Zug.	Druck.
Japanischer Normensand	100 ...	100
Deutscher Normensand	97.2 ...	96
Amerikanischer Normensand ...	103.8 ...	107.2

So lange es wie jetzt in Japan keine öffentliche Prüfungsanstalt für Zement gibt, ist man zwecks Beurteilung der tatsächlichen Güte der japanischen Zemente auf die Untersuchungen der Mitglieder des technischen Vereins japanischer Portlandzement-Fabrikanten angewiesen. Tabelle II vermittelt einen ungefähren Begriff der Gütesteigerung seit 1924.

Als besonders charakteristisch sei auf den relativ hohen Gehalt an Kieselsäure, den niedrigen Gehalt an Tonerde und die jetzigen hohen Festigkeiten verwiesen.

Die Tatsache, dass die japanischen Zemente über das Doppelte der Normenfestigkeiten erreichen, hat den genannten Verein veranlasst, schon im Oktober 1928 eine erneute Revision der Normen zu beantragen und zwar sind folgende Aenderungen vorgesehen:—

(1) Mahlfeinheit: 12% Rückstand auf dem 4900—Maschensieb.

(2) Festigkeit:

nach	Zugfestigkeit 1 : 3	Druckfestigkeit 1 : 3
1+2 Tagen ...	15 kg/qcm ...	150 kg/qcm
1+6 ,, ...	20 ,, ...	220 ,,
1+27 ,, ...	25 ,, ...	300 ,,

Was die Organisation und wirtschaftliche Entwicklung der japanischen Portlandzementindustrie anbetrifft, so ist diese durch drei Vereinigungen und

* Cement and Cement Manufacture, Vol. II, Nr. 7 (1929) S. 204/205; Vol. III, Nr. 2 (1930) S. 368/372.

TABELLE I.

Daten.	Mahlfeinheit. Spez. Gewicht.	Siebe qcm.	Rückstand. %	Abbinden. Raumtemperatur °C.	Beginn.	Ende.	Raumbeständigkeit.
Feb. 1905 -	—	900	10	—	1 h	10 h	Kuchen—, Koch u. Darrprobe.
Dez. 1909 -	—	900	5	—	1 h	10 h	Kuchen u. Kochprobe.
Juni 1919 -	3.05	900	3	—	1 h	10 h	Kuchen u. Kochprobe.
April 1927 -	3.05	4900	17	15—25	1 h	10 h	Kuchen u. Kochprobe.

Daten.	Zugfestigkeit kg/qcm. Reiner Zement.	1 : 3		Druckfestigkeit kg/qcm. 1 : 3		Analyse.		
		1 + 6	1 + 6	1 + 27	1 + 27 Tage.	Normensand.	Glühverlust. %	MgO. %	SO_3. %
Febr. 1905 -	25	7	15	120		Tokio	—	3	2.0; 1.5 für Seebauten
Dez. 1909 -	25	8	16	120		,,	—	3	,,
Juni 1919 -	30	10	18	140		,,	5	5	2.5; 1.5 für Seebauten
April 1927 -	40	14	21	210		Soma	4	3	2.0

deren verschiedene Aufgaben bedingt. Es handelt sich um:—(1) den technischen Verein japanischer Portlandzement-Fabrikanten; (2) die japanische Portlandzement-Association; (3) den japanischen Zement-Verband. Der technische Verein ist eine wissenschaftliche Organisation, der sich fast alle Fabriken angeschlossen haben, und die seit 1909 besteht. Der Verein hat drei Unterkommissionen gebildet (Normenkommission, Normensandkommission, Betonkommission), die in den Generalversammlungen Berichte nebst Mitteilungen von Mitgliedern veröffentlichen. Die wichtigsten Aufgaben des Vereins waren die Schaffung eines einheitlichen Prüfverfahrens und die des jetzigen Normensandes.

Die, 1910 ins Leben gerufene, japanische Portlandzement-Association, die 1928 ihre 38. Generalversammlung in Osaka abhielt, befasst sich vornehmlich mit der Propaganda zur Verwendung von Zement.

Auch dem japanischen Zementverband sind nahezu alle Fabriken angeschlossen. Dieser ist eine rein wirtschaftliche Organisation, welche alle drei Monate die Produktionskontingente festsetzt. Durch diese kartellmässige

TABELLE II.

Prüftermin.	Febr.—Juni 1924.	Januar 1928.
Zahl der Zemente	31	28
Mahlfeinheit (4900)	10.04 %	3.7 %
Spez. Gewicht :		
lufttrocken	3.121	3.144
geglüht	3.160	3.181
Abbindezeit :		
Wasserzusatz %	25.1	25.9
Beginn	3 h 49 min	2 h 53 min
Ende	7 h 09 min	4 h 34 min
Raumtemperatur °C	16.6	20.0
Zugfestigkeit kg/qcm :		
reiner Zement 1 + 6 Tage	64.9	76.4
Sandmörtel 1 : 3 1 + 2 Tage	—	28.7
Sandmörtel 1 : 3 1 + 6 Tage	24.7	33.1
Sandmörtel 1 : 3 1 + 27 Tage	30.9	38.8
Druckfestigkeit kg/qcm :		
Sandmörtel 1 : 3 1 + 2 Tage	—	322.0
Sandmörtel 1 : 3 1 + 6 Tage	256.0	444.7
Sandmörtel 1 : 3 1 + 27 Tage	355.0	562.8
Sandmörtel 1 : 3 1 + 6 + 27 Tage ..	—	636.4
Wassertemperatur °C	—	18.2
Normalsand	Soma	Soma
Chemische Analyse :		
Glühverlust	1.42 %	1.09 %
Unlöslicher Rückstand	0.53 %	0.36 %
Kieselsäure	22.30 %	22.09 %
Tonerde	6.77 %	5.66 %
Eisenoxyd	3.32 %	3.16 %
Kalk	63.00 %	64.79 %
Magnesia	1.25 %	1.26 %
Schwefelsäureanhydrid	1.27 %	1.23 %
Moduli :		
SiO_2/Al_2O_3	3.29	3.90
SiO_2/R_2O_3	2.21	2.50
Al_2O_3/Fe_2O_3	2.04	1.79
Hydraulischer Modul	1.92	2.07

Organisation, deren Handhabung in Zukunft noch straffer werden dürfte, ist es gelungen, eine Preisstabilisierung zu erreichen und damit das Geschäftsergebnis der Gesellschaften erheblich zu verbessern.

Die Haupabsatzgebiete in Japan liegen an der Ostküste des Landes. Die klimatischen Verhältnisse sind so günstig, dass Saisonschwankungen sich bei weitem nicht in dem Masse wie in Europa und Nordamerika auswirken. Tabelle III lässt erkennen, dass diese Schwankungen in Japan zwischen 6,5 und 9,5%, in Deutschland zwischen 3,0 und 12,0%, in Nordamerika zwischen 4,0 und 11,5% liegen.

TABELLE III.

	Japan	Deutschland	Nordamerika (Durchschnitt der letzten sechs Jahre).
Januar	6,5%	3,0%	4,0%
Februar	6,5%	5,0%	4,2%
März	8,0%	8,0%	6,4%
April	9,0%	8,0%	8,6%
Mai	9,0%	10,0%	10,3%
Juni	8,5%	10,0%	10,8%
Juli	8,5%	12,0%	11,1%
August	8,5%	12,0%	11,5%
September	8,5%	12,0%	11,0%
Oktober	9,5%	12,0%	10,6%
November	9,5%	5,0%	7,2%
Dezember	8,0%	3,0%	4,5%

Die Kontingentierungsquoten gehen aus Tabelle IV. hervor:—

TABELLE IV.

	Einschränkungshöchst—quote in %	Durchschnitts—quote in %
Juni-August 1928	32	27.6
September-Oktober	26	22.8
November	30	26.4
Dezember-Februar 1929	35	29.8
März	33	30.0
April-Mai	26	23.7

Da die exportierten Zementmengen indessen von dem Inlandskontingent abgezogen werden, ergibt sich ein effektiv sehr hoher Beschäftigungsrad, das heisst die Ausnutzung der Kapazität der Werke ist eine sehr vollkommene. Der Kapazitätskoeffizient betrug daher in den letzten Jahren:—

	Zahl der Werke	Kapazitätsfaktor (Mittlerer Wert)
1925	26	83.1%
1926	30	92.0%
1927	30	92.5%
1928	30	93.5%

Eine verlässliche Statistik über die Verteilung des Zementverbrauches auf die verschiedenen Anwendungsgebiete fehlt bisher; doch lässt sich nach den vorliegenden Erhebungen etwa folgende Verteilung annehmen.

Eisenbahnen	13.9%
Wasserkraftanlagen	10.3%
Hafenarbeiten	3.0%
Landstrassen, Brückenbauten	6.2%
Verschiedene öffentliche Bauten	9.3%
Oeffentliche Gebäude und Hausbau	23.6%
Berbau	1.0%
Zementwaren	2.2%
Privatverbrauch	29.7%
Verschiedenes	0.8%

Trotzdem Japan an vierter Stelle der Zement erzeugenden Länder steht, ist bisher der Verbrauch pro Kopf der Bevölkerung noch verhältnismässig niedrig im Vergleich zu anderen Ländern, wie sich aus der folgenden Uebersicht ergibt:—

Verbrauch an Zement pro Kopf der Bevölkerung im Jahr.

	kg		kg
Belgien	326	Italien	98
Nordamerika	250	England	77
Dänemark	163	Frankreich	70
Norwegian	130	Japan	50
Deutschland	115		

Dieser bisher geringe Verbrauch ist die beste Gewähr dafür, dass die japanische Zementindustrie auch in der Zukunft eine günstige Entwicklung nehmen wird.

Die Polnische Zementindustrie.

Von ANTONI EIGER.

Die polnische Zementindustrie hat sich seit dem Jahre 1910 beträchtlich entwickelt. Nach dem Weltkriege bestanden in Polen 16 Zementfabriken, von denen die meisten sich in der Südwest-Ecke der Republik auf dem Jura - Kreiderücken von Krakau-Wielun in der Nachbarschaft von Dabrowa, Krakau und des oberschlesischen Kohlenbeckens, wie Abbildung 1 (siehe Seite 695) zeigt, befanden. Die in dem östlichen Polen belegenen Zementfabriken von Ros, Firley und Zdobunów waren während des Krieges teilweise oder ganz zerstört, worauf sie allmählich wieder errichtet wurden und den Betrieb 1923, 1926 bezw. 1928 wieder aufnahmen.

Die Steigerung der Leistungsfähigkeit der Fabriken ist eins sehr schnelle gewesen. Wegen des russisch-polnischen Krieges und der finanziellen Schwierigkeiten des jungen Staatswesens ging die Entwicklung in den Jahren 1918-1924 langsam vor sich. Die Verkäufe sind von weniger als 200,000 t im Jahre 1920 auf 1,000,000 t im Jahre 1928 gewachsen. Die Kapazität hat sich von etwa 750,000 t im Jahre 1919 auf 1,000,000 t im Jahre 1926, auf 1,250,000 t im Jahre 1927 und auf 2,000,000 t im Jahre 1928 vermehrt.

Die Kurve der Leistungsfähigkeit verläuft parallel zu der der Nachfrage. Das Jahr 1929 weist eine grosse Steigerung auf, weil die Fabrikanten, durch den guten Absatz im Jahre 1928 ermutigt, erhebliche Vergrösserungen ihrer Werke vornahmen und auch die Errichtung einer neuen Fabrik von 150,000 t Kapazität im letzten Jahre begonnen wurde. Der Zementverbrauch pro Kopf der Bevölkerung ist verhältnismässig niedrig. Er erreicht etwas mehr als 30 kg pro Kopf der Bevölkerung, während dieser Wert für Deutschland bei etwa 100 kg und in den Vereinigten Staaten von Amerika bei 200 kg liegt so, dass noch ein grosser Spielraum für wachsenden Bedarf vorhanden ist.

Als Ergebnis des neuerlichen grossen Ausbaus der Industrie ist festzustellen, dass fast alle polnischen Werke eine neuzeitliche maschinelle Ausrüstung besitzen. Der Prozentsatz der

nicht mit Drehöfen produzierenden Fabriken hat sich von 13.3% im Jahre 1920 auf 3.9% im Jahre 1929 gesenkt. Der Prozentsatz der Erzeugung durch verschiedene Ofensysteme beträgt: Drehofen nach dem Nassverfahren 76%, Drehöfen nach dem Trockenverfahren 17.6%, automatische Schachtöfen 2.5%, Schachtöfen 3.9%.

Die Rohmaterialien bestehen zu 74% aus Kalkstein und Ton, zu 13.5% aus Kreide und Ton und zu 12.5% aus natürlichem Mergel. Natürlicher Mergel wird von drei Fabriken vararbeitet, muss aber durch geringe Zusätze an Kreide oder Ton in seiner Zusammensetzung korrigiert werden. Alle Werke verbrauchen Staubkohle zum Brennen der Oefen.

Der ungenügende Absatz auf dem polnischen Markt hat die polnischen Fabrikanten genötigt, nach Auslandsabsatz Ausschau zu halten, doch sind sie durch die geographische lage des Landes benachteiligt. Wie bereits erwähnt, wird der grösste Teil des polnischen Zements im südwestlichen Teile Polens, das über 650 km von der See entfernt liegt, erzeugt. Eine weitere, bis vor kurzem bestehende Schwierigkeit gründete sich auf die Tatsache, dass von Danzig und Gdingen nur wenige direkte Schifffahrtslinien betrieben wurden. Das bedeutete, dass zum Export bestimmter Zement zunächst auf die Bahn, dann in Danzig oder Gdingen auf den Dampfer verladen werden musste und dass in vielen Fällen in Hamburg oder Antwerpen umgeladen werden musste so, dass ein Aussenhandel fast unmöglich war. Dieser Zustand hat sich jetzt auf Grund des schnellen Ausbaus von Gdingen, das heute durch direkte Linien mit Indien, Süd-Amerika, den Vereinigten Staaten von Amerika und dem nahen Osten verbunden ist, so geändert, dass Zement nach diesen Landern direkt verladen werden kann. Ein weiterer grosser Vorteil wird sich ergeben, wenn die Bahnlinie von Oberschlesien nach der Ostsee, die 1932 fertiggestellt sein wird, eröffnet wird.

Die folgenden Zahlen geben die Exportverladungen von polnischen Zement an. Hauptabsatzgebiete sind die Ostseestaaten, Süd-Amerika, Straits Settlements und der nahe Osten: 1924 29,600 t; 1925 11,800 t; 1926 41,100 t; 1927 150,436 t; 1928 95,294 t.

Die Zusammenschlüsse haben während der letzten drei Jahre in der Industrie schnelle Fortschritte gemacht. 1926 bestanden zwei Gruppen, denen 45% der gesamten Erzeugung gehörten, während die restlichen 55% sich aus 13 Gesellschaften verteilten. 1927 kontrollierten drei Gruppen 67%, während 33% elf Gesellschaften gehörten. Die drei Gruppen vermehrten 1928 ihren Produktionsanteil auf 85% so, dass 15% für acht unabhängige Gesellschaften übrig blieben. Endlich kontrollierten 1929 zwei Gruppen 90%, während die verbleibenden 10% vier Gesellschaften gehören. Der Absatz des Zements, sowohl im Inland wie nach dem Auslande, wird durch die Centrocement Gesellschaft in Warschau, die als einziger unabhängiger Repräsentant für alle polnischen Werke tätig ist, bewirkt. Eine besondere Abteilung der Centrocement Gesellschaft befasst sich mit der Propaganda über die Anwendungsgebiete von Zement und trägt so zur Erweiterung des lokalen Marktes bei.

Abbildung 1 (siehe Seite 695) stellt eine Karte dar, aus der die Verteilung der Zementfabriken in Polen ersichtlich ist; Abbildung 2 (siehe Seite 696) stellt eine Generalansicht der Rejowiec-Werke dar; zwei 72 m lange und 3 m Durchmesser besitzende Drehöfen, sowie ein 46 m langer und 2.45 m Durchmesser besitzender Drehofen der Wysoka-Werke werden in Abbildung 3 (siehe Seite 697) gezeigt; Abbildung 4 (siehe Seite 697) ist die Ansicht der Arbeiten bei Nacht in einem polnischen Steinbruch mit Hilfe von Scheinwerfern.

Buchbesprechung.

" **Praktischer Führer für den Chemiker in der Zementindustrie** " von Constantin Tsountas. 102 Seiten (Paris, Verlag: " Revue des Matériaux de Construction," Preis 20 fr.).

Ein Führer dieser Art dürfte für drei Kategorien von Lesern wertvoll sein: erstens für die Chemiker mit abgeschlossener Ausbildung, die in die Zementindustrie übergehen wollen, aber keine praktischen Fabrikationserfahrungen besitzen; zweitens für die ungelernten Hilfsarbeiter der Betriebschemiker, die nach verantwortlicheren Stellungen streben; und drittens für die Direktoren und Leiter von Zementfabriken mit geringen chemischen Kenntnissen, die nach ausreichender Belehrung verlangen, um feststellen zu können, dass die Betriebschemiker eine richtige Kontrolle der Fabrikation ausüben. Das Buch bringt die Methoden der chemischen Analyse von Zement und seinen Rohmaterialien, einschliesslich der Schnellbestimmung von Kalk. Bewährte Methoden der Schlamm-und Abgasuntersuchung werden beschrieben, und Verfahren zur Prüfung der Brennstoffe, Schmiermittel und des Wassers werden ebenfalls gegeben. Keine Belehrung wird hinsichtlich der Bestandteile guter oder schlechter Abgase, Brennstoffe oder Schiermittel erteilt so, dass der verständige Leser schliesslich gezwungen sein dürfte, nach anderen Büchern Umschau zu halten, um die Auswertung der nach diesem Führer erhaltenen Ergebnisse zu erzielen.

Es wird ein Verfahren beschrieben, den ,, Brennwert " von Zementrohmischungen zu bestimmen und eine Norm ist aufgestellt, um guten Schlamm oder gutes Rohmaterial von solchen zu unterscheiden, die nach dem Brennen im Drehofen keine befriedigenden Resultate ergeben. Das Verfahren besteht darin, ein Gramm der Rohmischung 30 Minuten lang auf 950° C. zu erhitzen und den unlöslichen Rückstand in dem kalzinierten Erzeugnis zu bestimmen. Uebersteigt dieser nicht 8%, so kann beim Brennen ein gutes Ergebnis erwartet werden; oberhalb dieses Wertes dürfte ein solches schwierig und über 12% praktisch unmöglich zu erzielen sein.

Gegen die Methode der Bestimmung des freien Kalkes im Zement müssen Einwendungen erhoben werden, da sie die Behandlung des Zements mit wässriger Zuckerlösung vorsieht.

Die Bestimmung des unlöslichen Rückstandes im Zement erfogt in ungewöhnlicher Form, da die lösliche Kieselsäure vorsichtig gelatinisiert wird und die darauf folgende Lösung dieser Kieselsäure durch Waschen mit Sodalösung auf dem Papierfilter erfolgt. Die ältere Methode besteht darin, den Zement derart zu lösen, dass Abscheidung von Kieselsäure vermieden und der Rückstand in Sodalösung gekocht wird. Das gleiche Verfahren wird für die Bestimmung des unlöslichen Rückstandes in Kalkstein und Mergel angegeben, doch ist es schwer einzusehen, welchen Wert eine solche Bestimmung haben kann.

Bei der Kohlenanalyse wird die Schätzung des Feuchtigkeitsgehaltes bei 70 bis 80° C. durchgeführt, ein Verfahren, das sicherlich der Genauigkeit nicht förderlich ist. Die normale Methode der Kohlenanalyse, wie sie von dem " Fuel Research Board " (Kohlenforschungsinstitut) empfohlen wird, verlangt eine Temperatur von 105 bis 110° C. für die Feuchtigkeitsbestimmung.

Gute Ratschläge werden den Chemikern in solchen Dingen wie der persön-

lichen Ueberwachung der Probennahme, den Verantwortlichen in der schriftlichen Aufzeichnung von Fehlern beim Mahlen und Brennen usw. erteilt. Die Arbeit des Zementbetriebschemikers ist zwecklos, wenn er diese Anweisungen nicht durchsetzt.

S.G.S.P.

Der Drehofen bei der Zementherstellung.—IV.

von W. GILBERT.

Kohlen=und Klinkermessung.—Mit Bezug auf Spalte 7 der Prüftabelle erkennt man, dass die während der Prüfung abgewogene Menge Rohkohle 282.8 t betrug. Es ist für Berechnungszwecke bequem, alle Kohlenmengen „ auf trocken berechnet " auszudrücken. In diesem Falle geschient dieses, wie folgt :—

	t
Während der Prüfung abgewogene Menge an Rohkohle ...	282.80
davon ab: Feuchtigkeit 1.85%	5.20
Abgewogene, auf trocken berechnete Kohlenmenge	277.60

Gegenrechnung.—Ein Verlust von 5.58 t Kohle muss abgezogen werden, die beim Trocknen als flüchtige Substanz und als Staub, worauf spätter eingegangen werden soll, verloren geht. Weiter müssen abgezogen werden: 2.35 t für ein höheres Niveau in dem Staubkohlenbehälter beim Ende der Prüfung und schatzungsweise 5.87 t für das Aufheizen des Ofens alle drei Stunden nach dem Anhalten anlässlich der Aufzeichnungen an der Kohlen-Ableitungsvorrichtung. Alle diese Mengen sind auf trocken berechnet, und ihre Gesamtmenge beträgt 13.80 t. Daher beträgt der korrekte Wert für das Gewicht der vom Ofen verbrauchten Menge an trockner Kohle (277.60 – 13.80) = 263.80 t.

Hergestellter Klinker.—Der gesamte abgewogene Klinker einschliesslich der verschütteten Menge am Kühlerende betrug 928.9 t. Die tatsächliche Zeit, während welcher der Ofen lief, war nach Spalte 2 133.3 Stunden. Es ergibt sich daher eine stündliche Leistung an Klinker von

$$\frac{928.9}{133.3} = 6.97 \text{ t.}$$

Verbrauch des Ofens an Normalkohle.—Aus Spalte 12 geht der mittlere kalorische Wert der verbrauchten Kohle mit 7500 Kal per kg Kohle hervor; es sind also Normalkohle, in Prozent auf Klinker berechnet, verbraucht

$$\frac{263.8}{928.9} \times \frac{7500}{7000} = 30.47\%.$$

Für Abb. 1-7, siehe Januar-Heft: für Abb. 8-16, siehe März-Heft: für Abb. 17-20 und die Prüftabelle, siehe April-Heft.

Zug-Messungen.—Das Mittel der Ablesungen, die alle drei Stunden erfolgten während der Prüfung betrug:—

	cm Wasser
(1) Im Ofenkopf, Ofenmitte gegenüber	0.63
(2) Im Ofen am Gasaustrittsende	0.99
(3) Gegenüber dem Ofen am Gasaustrittsende	1.52
(4) Am Fuss des Schornsteins	3.58

Der Schornstein zog mehr als erforderlich; die durchschnittlichen Werte lagen auf beiden Seiten der Zugklappen bei 3 bezw. 1.58 cm.

Temperatur-Messungen.—Die durchschnittlichen Ergebnisse waren, wie folgt:—

	°C
(4) In die Kühltrommel eintretende Luft	22
(5) In den Ofenkopf vom Kühler eintretende Luft ...	298
(6) Sinterzone, Flammentemperatur	1480
(7) Sinterzone, Materialtemperatur	1340
(8) den Ofen verlassender Klinker	1180
(9) den Kühler verlassender Klinker	148
(10) Abgase am Ofenaustrittsende	473
(11) Abgase am Fuss des Schornsteins	310
(12) durch das Kohlenfeuerungsrohr in den Ofen eintretende Luft	28

Die Beobachtungen für 4, 9, 11 und 12 wurden alle drei Stunden vorgenommen. Nr. 5 wurde mit dem Heissluft-Pyrometer, wie vorher beschrieben worden ist, gemessen (vergl. Abb. 10, Seite 424).

Drei ovale Rohre von 90 × 64 mm innerem Durchmesser wurden in den Ofenkopt, in der Nähe des Bodens (vergl. Abb. 18, Seite 564) eingebaut, und diese Oeffnungen wurden sowohl für die Lufttemperaturmessungen benutzt wie für die Messung der Luftmenge, welche am Boden des Ofenkopfes von der Klinkerschütte her eintrat. Die kleinen Oeffnungen zwischen dem Boden des Ofenkopfes und der Brennplattform wurden verkittet.

Die Werte in den Reihen 6 und 7 wurden mit optischen Pyrometern bestimmt, und es kann angenommen werden, dass sie richtige sind, doch bei der in Reihe 8 angegebenen Temperatur des, den Ofen verlassenden Klinkers hat das optische Pyrometer offensichtlich infolge der exponierten Stellung um 85° C zu niedrig gemessen. Die Korrektur hierfür wurde durch ein Wasser-Kalorimeter vorgenommen, wobei die spezifische Wärme des Klinkers mit 0.25 Verwendung fand. Es ist indessen einigermassen schwierig, die richtige Temperatur des den Ofen verlassenden Klinkers während des Betriebes mit einem Wasser-Kalorimeter zu ermitteln, und verschiedene Versuche wurden angestellt, ehe Resultate erhalten wurden, die für angenähert genau gelten konnten.

Das Kalorimeter bestand im wesentlichen aus einem inneren Kupfergefäss, das Wasser enthielt und einem äusseren Eisenmantelgefäss mit einem Zwischenraum von 1.91 cm Luft zwischen beiden. Das äussere Gefäss wurde mit einer starken Lage von Asbestplatten, die darauf gebunden wurden, bedeckt. Zwei Deckelklappen und ein Mittelrohr, das in das innere Gefäss führte, waren vorhanden. Das an einem eisernen Rohr festgemachte Kalori-

meter wurde durch die Kopftür des Ofens eingesetzt, und einige Brocken des äusseren Klinkerstroms, der den Ofen verliess, wurden eingefüllt. Es ist nicht immer möglich, eine geeignete Menge zu erhalten. Das Kalorimeter wurde schnell zurückgezogen und das innere Gefäss sofort in ein zweites äusseres Gefäss gesetzt, das nicht durch Einführung in den Ofenkopf erhitzt worden war. Das Ansteigen der Temperatur des Wassers wurde bestimmt und das trockne Gewicht des Klinkers danach ermittelt. Die mittlere spezifische Wärme des Klinkers für einen Temperaturbereich von 1200° C bis 15° C wurde mit 0.25 angenommen.

Es stellte sich als notwendig heraus, das Wasser in dem inneren Gefäss vor und nach dem Versuch zu wiegen, da der weissglühende Klinker, der mit dem Wasser in Berührung gekommen war, eine gewisse Menge Dampf aus dem verwendeten Wasser, gewöhnlich 1 bis 1½%, erzeugt hatte, der verloren ging.

Die latente Wärme dieser Dampfmenge musste in Betracht gezogen werden.

Gewöhnlich können alle anderen Werte, die die Wärmebilanz der Kühltrommel betreffen, leichter gemessen werden, und aus diesen Werten kann die Temperatur des den Ofen verlassenden Klinkers auf einen bestimmten Wert der spezifischen Wärme berechnet werden.

Messung der Luftmengen.—Wenn die durch ein Rohr oder einen Kanal fliessende Luft berechnet werden soll, ist es erforderlich, folgende Daten zu kennen: (*a*) den durch die Strömungsgeschwindigkeit erzeugten mittleren Wasserdruck, (*b*) den Querschnitt der Fläche, an der Messungen vorgenommen werden sollen, (*c*) die Lufttemperatur und (*d*) die Höhe des Barometerstandes, wobei hinsichtlich des letzteren wegen seiner Schwankungen eine kleine Korrektur notwendig ist. Das Gewicht des Luftstroms in kg pro Minute wird aus diesen Werten mittels der Tabelle 1 ermittelt. Die in der Tabelle angeführte Formel lautet:

$$W = C \times a \times \sqrt{i} \times \sqrt{\frac{b}{30}}$$

Die Konstante C, welche die Lufttemperatur berücksichtigt, ist für alle 27,8° C tabellarisiert. Auch ist der Unterschied pro Grad angegeben. Für eine ausführliche Behandlung des Gegenstandes sei auf das Werk von E. Ower vom National Physical Laboratory (England) über "Messung von Luftströmen" verwiesen.

Die Luftgeschwindigkeit ist in den verschiedenen Teilen eines Rohrquerschnitts oft sehr ungleichmässig; es ist daher gewöhnlich wünschenswert, an mehreren Stellen Beobachtungen zu machen, wobei diese Stellen möglichst gleiche Querschnittsflächen aufweisen sollen. Passende Kalibrierung der Pitot-Rohre ist vorgesehen, damit die Einsatztiefe je nach der Beschaffenheit der äusseren Rohroberfläche reguliert werden kann. Die Messung der Strömungsgeschwindigkeit von Luft sollte möglichst nicht in der Nähe eines Ventilators oder gerade unterhalb der Biegungen oder scharfen Ecken in einem Rohr oder Kanal vorgenommen werden. Wenn vor dem bestimmten Querschnitt eine, einige Meter lange Strecke eines parallel verlaufenden Kanals vorhanden ist, so trägt dieses dazu bei, den Luftstrom gleichförmiger zu machen.

TABELLE I.

Messung von Luftströmungen.

Verhältnis zwischen dem Gewicht der pro Minute geförderten Luft, der Temperatur und dem durch die Strömungsgeschwindigkeit erzeugten Wasserdruck.

Temperatur in		Wert für	Unterschied per Grad		Bemerkungen.
°F.	°C.	C.	°F.	°C.	
60	15,5	302,6	0,275	0,5	W = Gewicht der Luft in Pfund bezw. Kg pro Minute
100	37,8	291,6	0,244	0,44	
150	65,6	279,4	0,216	0,39	
200	93,3	268,6	0,192	0,35	a = Querschnitt der Fläche des Rohrs oder Kanals in Quadratfuss bezw. qm.
250	121,1	259,0	0,174	0,31	
300	148,9	250,3	0,156	0,28	
350	176,7	242,5	0,142	0,26	
400	204,4	235,4	0,130	0,23	i = Wasserdruck infolge der Luftgeschwindigkeit.
450	232,2	228,9	0,122	0,22	
500	260,0	222,8	0,112	0,20	
550	287,8	217,2	0,104	0,19	b = Barometerstand in Zoll bezw. mm Quecksilberhöhe.
600	315,5	212,0	0,096	0,173	
650	343,3	207,2	0,090	0,162	C = eine von °F. Abhängige Konstante, die tabellarisiert ist für den Bereich der Lufttemperaturen.
700	371,1	202,7	0,084	0,151	
750	398,9	198,7	0,080	0,144	
800	426,7	194,5	0,076	0,137	
850	454,4	190,7	0,066	0,119	Dann ist:
900	482,2	187,4	0,070	0,126	$W = C \times a \times \sqrt{i} \times \sqrt{\frac{b}{30}}$
950	510,0	183,9	0,064	0,115	
1000	537,8	180,7	——	——	

Die Luftgeschwindigkeit sollte sofort nach der Messung der Strömungsgeschwindigkeit abgelesen werden.

Durch das Kohlenfeuerungsrohr in den Ofen eintretende Luft.—Die Messung wurde 30 cm vor der Rohrverengung, an der die Staubkohle in das Gebläserohr eintritt, vorgenommen; diese Stelle war daher staubfrei. Der Strömungsdruck wurde mit einem leichten National Physical Laboratory, England-Modell des Pitot-Rohrs und einem gewöhnlichen U-Rohr-Wasserdruckmesser gemessen. Die nötigen Werte sind:

Rohr: Durchmesser 15 cm, Querschnittsfläche	(a) = 0.196 Quadratfuss (0,018 qm)
Wasserdruck infolge Strömung ...	(i) = 1,21 Zoll (3,07 cm)
Lufttemperatur	(t) = 83° F (28,3° C)
Barometerstand	(b) = 30,3 Zoll (769,6 mm)

Um C für eine Lufttemperatur von 28,3° C zu erhalten, ergibt sich nach Tabelle I:

Wert von C für t = 15.5° C	302.6
davon ab 23 × 0.275	6.3
Also C	296.3

Hieraus folgt $W = 296.3 \times 0{,}196 \times \sqrt{1.21} \times \sqrt{\frac{30.3}{30}} = 64.2$ Pfund bezw. 29,12 kg pro Minute.

Am Boden des Ofenkopfes eintretende Luft.—Der Querschnitt, an dem die Luftgeschwindigkeit gemessen wurde, ist in Abb. 18 (Seite 564) gezeigt worden. Drei Ablesungen wurden in geeigneten Zwischenräumen durch jede Oeffnung mittels des Pitot-Rohres, wie es in Abb. 12 dargestellt ist, vorgenommen, wobei das, die Strömungsgeschwindigkeit messende Rohr nach unten gerichtet war. Die Messungen wurden mit Wasserdruckmessern nach dem Hebeprinzip ausgeführt, da der Druck der Geschwindigkeit unter 1.91 cm lag. Die wesentlichen Werte waren:

Querschnittsfläche an der Oeffnung	(a) = 18,2 Quadratfuss (1,69 qm)
Mittlerer Wasserdruck infolge Strömungsgeschwindigkeit ...	(i) = 0,049 Zoll (0,124 cm)
Lufttemperatur	(t) = 569° F. (298,4° C.)
Barometerstand	(b) = 30,4 Zoll (772,16 mm)

Um C aus Tabelle I zu erhalten, ergibt sich:

Wert für C bei t – 287.8° C	= 217.2
davon ab 19 × 0.104 ...	= 2.0
Also C	215.2

und $W = 215.2 \times 18.2 \times \sqrt{0.049} \times \sqrt{\frac{30.4}{30}} = 872{,}8$ Pfund bezw. 395,3 kg. pro Minute.

Der mittlere, infolge der Strömungsgeschwindigkeit vorhandene Wasserdruck ist aus Beispielsgründen angeführt, während es in der Praxis üblich ist, die Quadratwurzel aus jedem Strömungsdruck zu berechnen und das Mittel aus dem Wert für $\sqrt{i}$ zu nehmen.

Der statische Wasserdruck (Zug oder Druck) an dem Querschnitt ist mit dem Wasserdruckmesser nach dem Hebeprinzip beobachtet worden, indem die Stopfenverbindung auf dem Kopf des Dreifusses, die zu dem Rohr, das dem Strom entgegen liegt, führt, entfernt wurde, wodurch das Rohr B zur Messung des statischen Drucks (Abb. 11) allein verbunden blieb. Der mittlere Wert war in diesem Falle 0.71 cm.

Durch den Kühler eintretende Luft.—Es ist üblich, diese Messung mit einem Windmesser vom Typ der Windmühle vorzunehmen, da gewöhnlich die Luftgeschwindigkeit zu niedrig ist, um messbare Ablesungen auf dem Wasserdruckmesser robuster Bauart nach dem Hebeprinzip zu liefern. Der Durchmesser der Kühltrommel ist am unteren Ende 1.67 m, wodurch eine Querschnittsfläche von 2.21 qm entsteht. Am Kühlrohrende ist eine kurze Strecke, die von den Kaskadenleisten frei ist. Hier wurde der Windmesser verwendet. Die Beobachtungen wurden täglich mehrmals gemacht, und die mittlere Luftgeschwindigkeit beim Eintritt in die Kühltrommel ergab sich mit 129 m in der Minute. Das Luftvolumen bei 22.5° C. beträgt 0.83 cbm pro kg; daher ist also

$$W = \text{kg in der Minute} = \frac{129{,}23 \times 2{,}21 \times 0{,}454}{0{,}38} = 340{,}64.$$

Die Beobachtung lässt sich etwas unangenehm ausführen wegen des Staubes des in Kaskaden herabfallenden Klinkers. Die Luftgeschwindigkeit beim Eintritt in die Kühltrommel ist gewöhnlich unregelmässig, und der Windmesser wird daher über den Querschnitt bewegt, um eine mittlere Geschwindigkeit zu ermitteln.

Aus den beiden vorhergehenden Luftmessungen ergibt sich:

	kg/Min.
Luft die am Boden des Ofenkopfes eintritt	395.9
Luft, die durch den Kühler eintritt ...	340.6
Differenz:	55.3

Diese Differenz muss unter der Voraussetzung, dass die Messungen korrekt ausgeführt worden sind, die Luftundichtigkeiten, die sich am heissen Ende der Kühltrommel befinden und die Undichtigkeiten im Ziegelmauerwerk der Klinkerschütte darstellen. Die durch Undichtigkeiten um das Kühlerende (Abb. 18, Seite 564) in die Klinkerschütte eintretende Luft konnte nicht bequem gemessen werden weger der Strahlung vom Kühlrohrmantel und des Verlustes an rotglühendem Klinker.

Undichtigkeiten um das heisse Ofenende.—In Abb. 21 (Seite 703) wird ein Diagramm des Ofenpackungsringes gezeigt. Ein Lauflagerring befindet sich in einer Entfernung von 2.36 m vom Ofenende; dieser war kräftig konstruiert und lief nicht sehr aus der Führung. Es war daher möglich, den Packungsring dicht auf den Ofenmantel aufzulegen. Die Oeffnung wurde an acht Stellen gemessen und die mittlere Weite mit 0,271 Zoll (0,69 cm) bestimmt. Die durch die Undichtigkeiten eintretende Luft wird durch das Vakuum im Ofenkopf angesaugt, und es wird aus Abb. 21 (Seite 703) klar, dass der grösste Teil des Geschwindigkeitsdrucks verwendet wird, um der Luft die Anfangsgeschwindigkeit zu erteilen, mit der sie durch die Oeffnung zwischen der Kante des Packungsringes und dem Ofenmantel eintritt.

Die gesamte Fläche der Oeffnung, die einen Ring von 90 Zoll (2,28 m) Durchmesser ausmacht, beträgt:

$$\frac{90 \times \pi \times 0.271}{144} = 0{,}532 \text{ Quadratfuss } (0{,}049 \text{ qm}).$$

Die eintretende Luft hat einen scharfen Winkel um die Kante des Packungsringes zu passieren, und eine Kontraktion des Strahls findet statt. Für die scharfkantige Oeffnung in einer runden Platte beträgt die Kontraktion angenähert 0.63 der ganzen Fläche, doch liegen hier die Verhältnisse anders, da die Kontraktion nur an einer Ecke stattfindet. Ein Wert von 0.80 wird angenommen, wodurch die tatsächlich undichte Fläche auf $0{,}8 \times 0{,}532 = 0{,}426$ Quadratfuss (0,039 qm) reduziert wird.

Die anderen Bedingungen sind in diesem Falle wie folgt:

Zug im Ofenkopf	(i) = 0,25 Zoll (0,635 cm)
Temperatur der eintretenden Luft	t = 70° F. (21,1° C.)
Barometerstand	(b) = 30,3 Zoll (769,6 mm)
Wert für C. nach Tabelle I	= 299,8

Daher ergibt sich nach der Formel:

$$W = 299.8 \times 0.426 \times \sqrt{0.25} \times \sqrt{\frac{30.3}{30}} = 64 \text{ Pfund bezw. } 29{,}03 \text{ kg. pro Minute.}$$

Die gesamte in den Ofen eintretende Luft.—Diese Menge kann jetzt wie folgt zusammengefasst werden:

	Pro Minute in kg.
Durch das Gebläserohr	29
Durch Undichtigkeiten des Packungsringes im Ofenkopf	29
Durch die Kühltrommel	340
Durch Undichtigkeiten der Klinkerschütte (a.d. Diff.) ...	55
Insgesamt:	453

Die vorstehden Gesamtmenge soll gegenwärtig gelten und wird später mit einer anderen Schätzung aus dem Gewicht der in der Minute verbrauchten Kohle, sowie aus den Kohlen-und Abgasanalysen verglichen werden.

Abb. 17 (Seite 562) Grundriss des Werks.—A = Kohlenlager, B = Walzenbrecher für Kohle, C = Elevator, D = Kohlen-Trockentrommel mit Feuerung, E = Elevator, F = Kominor, G = Rohrmühlen, H = Elevator, I = Behälter für Staubkohle, J = Drehofen, K = Kühltrommel, L = Staubkammer, M = Zugklappe, N = Schornstein für Heizung der Trockentrommel; Abb. 18 und 19 (Seite 564) Klinkerschüttte und Kühltrommelende, zwei Ansichten.—A = Ofenende, B = Ofenkopf, C = Klinkerschütte aus feuerfesten Steinen, D = Hervorstehende Zunge, E = Kühltrommelende, F = Oeffnungen zum Messen an der Stirnseite des Ofenkopfes; Abb. 20 (Seite 565) Registrierkarte der Ofengeschwindigkeit; Abb. 21 (Seite 708) Packungsring am Ofenkopf.

(*Fortsetzung folgt.*)

Die Spanische Zementindustrie.

von JULIÁN GIL MONTERO.

Die Entwicklung der spanischen Zementindustrie ist jüngeren Ursprungs und fällt mit der Belebung der Bauindustrie zusammen.

Die erste Fabrik begann 1898 zu arbeiten. Die Besitzer, Sociedad Anónima Tudela-Veguín, wendeten die einige Jahre vorher erfundenen Drehöfen an. Bis zu dieser Zeit war der gesamte, in Spanien gebrauchte Zement eingeführt worden. Die Sociedad Anónima Tudela-Veguín setzte ihr Werk in der Provinz Oviedo, wo sie jetzt über vier Drehöfen mit einer jährlichen Leistungsfähigkeit von 60,000 t verfügt, in Betrieb.

Einige Jahre später, 1904, eröffnete Graf Güell in Zusammenarbeit mit José F. de Navarro und dem katalonischen Architekten D. Rafael Guastavino in der Provinz Barcelona eine neue Fabrik, die als „ Asland "-Zement bezeichnet wurde. 1919 wurde dieses Werk vergrössert durch zwei weitere, je 40 m lange Drehöfen mit einer jährlichen Kapazität von 105,000 t. Die Compañía General de Asfaltos y Portland Asland, als Eigentümer dieser Fabrik ist heute der führende Zementkonzern in Spanien, indem sie 25% der heimischen Erzeugung herstellt mit einer zweiten, 1917 in Betrieb gesetzten Fabrik in Moncada (Barcelona) und einer dritten in der Provinz Toledo, nahe bei Madrid, die 1926 eröffnet wurde, nachdem sie die 1923 eröffnete in Vizcaya belegene „ Fama "-Zementfabrik erworben hatte. Gegenwärtig sind acht nach dem Trockenverfahren arbeitende Drehöfen in Betrieb mit einer jährlichen Erzeugung von 500,000 t. Es bestehen weitere vier Werke, die nach dem Trockenverfahren in den Provinzen Madrid, Barcelona und Navarra mit zehn Drehöfen und einer etwaigen jährlichen Leistung von 400,000 t arbeiten.

Das Nassverfahren wurde in Spanien zuerst auf einer in der Provinz Barcelona belegenen Fabrik, die Don José Fradera gehört, angewendet; sie begann 1913 zu arbeiten und nutzte die reichen Steinbrüche von Vallcarca de Sittges aus. Dieses Werk besitzt drei Oefen mit einer Leistungsfähigkeit von jährlich 135,000 t und stellt sowohl Portland-wie Grappiers-Zement her. Es existieren vier weitere, nach dem Nassverfahren mit fünf Oefen arbeitende Fabriken in Bilbao, Madrid, Toledo und Sevilla. Die Leistung beträgt einschliesslich des Fradera'schen Werkes mehr als 300,000 t jährlich. 1929 errichteten F. L. Smidth eine Fabrik für Cementos Griffi S.A. in Villanueva y Geltrú (Barcelona) mit einem, 30,000 t im Jahr erzeugenden Ofen, der nur weissen Portlandzement herstellt.

Das Dickschlammverfahren, das in Spanien noch nicht eingebürgert ist, ist

von der Cosmos S.A. in Madrid zur Anwendung gekommen. 1924 eröffnete diese Firma eine Fabrik in Toral de los Vados (Provinz León) mit Maschinen von Amme, Giesecke und Konegen. Das Werk kann im Jahr mit einem Drehofen 60,000 t erzeugen.

Es existieren sieben Fabriken mit 33 Schachtöfen. Die älteste gehört der Sociedad Aragonesa de Portland Artificial in Saragossa, die 1900 eröffnet wurde und vier Oefen in Betrieb hat. Die gesamte jährliche Leistung beträgt etwa 450,000 t. Diese Werke erzeugen fast ausschliesslich Portlandzement, doch stellen einige auch Puzzolan-und Grappierszement her, und die Zumaya S.A. in der Provinz Guipuzcoa fabriziert den ihren Namen tragenden Zement. Gegenwärtig sind dreissig Werke in Spanien vorhanden mit 33 Drehöfen und ebenso vielen Schachtöfen.

Der Krieg verursachte eine grosse Zementverknappung und bei dem darauf folgendem Steigen der Preise stellten die spanischen Fabrikanten fest, dass sie ihren Zement an die Allierten exportieren konnten. Neue Werke wurden eröffnet und die bereits bestehenden ausgebaut. Seitdem erreichte die jährliche Produktion, die sich von 1905 bis 1914 von 140,000 t auf 400,000 t gesteigert hatte, 1920 600,000 t. Der heimische Verbrauch nehm ebenfalls infolge der Belebung im Baugewerbe zu. In den grossen Städten wurden die Strassen gepflastert, und Strassen wurden gebaut, um dem schweren Kraftwagenverkehr jener Zeit gewachsen zu sein. Der Verbrauch von Zement steigerte sich so, dass die Erzeugung 1921 700,000 t; 1923, 800,000 t; 1924, 1,175,500 t; und 1925, 1,300,000 t betrug. Bei den Projekten für neue Fabriken wurde die Nachbarschaft der Absatzgebiete berücksichtigt und, da im Norden und Zentralspanien bereits eine Zahl von Fabriken existierte, wurden 1922 und 1923 Werke in Valencia und Andalusien eröffnet. Die Konjunktur im Baugewerbe und in den öffentlichen Arbeiten konnte jedoch die Ueberproduktion der 1925 in Betrieb befindlichen zwanzig Werke nicht aufnehmen. Ein heftiger Preiskampf entbrannte zwischen den Fabrikanten und überdies wurden weitere fünf Fabriken eröffnet, die weitere 220,000 t erzeugten.

Die durch die Tonerde-und hochwertigen Zemente verursachte Konkurrenz war zu dieser Zeit in der ganzen Welt fühlbar. Doch war dieser Wettbewerb in Spanien nicht besonders scharf, da die von den Fabrikanten verlangten Preise ebenfalls zu einem Konkurrenzkampf führten, und da sie mit allen Mitteln versuchten, ihre Preise zu reduzieren, machten sie gleichzeitig Anstrengungen, ihre Zemente zu verbessern, damit diese mit den hochwertigen- und Tonerdezementen konkurrieren konnten. Dieser ständige Kampf, der durch die Eröffnung neuer Fabriken noch hartnäckiger wurde, führte die Fabrikanten dazu, eine Vereinigung zu gründen, um einen Mindestverkaufspreis festzusetzen, die Fabrikation der Nachfrage anzupassen und die Eröffnung neuer Fabriken zu verhindern. Mit diesem Ziele wurde im Dezember 1926 die Agrupacion de Fabricantes de Cemento Portland (Vereinigung der Portlandzement-Fabrikanten) gegründet; in der Folge hörte der Konkurrenzkampf auf, einige Firmen fusionierten sich, die Fabrikation wurde verbessert, und es war nicht mehr nötig, diese einzuschränken, da der, den öffentlichen Arbeiten durch den Minister of Fomento Graf de Guadalhorce gegebene Ansporn den heimischen Bedarf enorm steigerte. So verbesserte der Circuito Nacional de Firmes Especiales (Nationaler Ring für Strassenverbesserung) die öffentlichen Strassen; grosse Arbeiten wurden an den Duero-Wasserfällen ausgeführt; dite Confederaciones Sindicales Hidrograficas (Syndikat für Wasserkraftwerke) wurden gegründet, um die Wasserkräfte auszunutzen; die Eisenbahn-, Hafen- und anderen Bauunternehmungen erforderten derartige Zementmengen, dass die heimische Erzeugung, die 1929 1,500,000 t erreichte, sich als nicht genügend erwies. Obwohl jedes Werk mit voller Leistung

arbeitete, hielt es die Regierung des verstorbenen Generals Primo de Rivera für notwendig, die Einfuhr von 300,000 t ausländischen Zements bei reduzierten Zöllen zu gestatten. Die heimische Produktion wird bald 2 Millionen t überschreiten, da demnächst ein neues Werk in Miraflores (Saragossa) durch die Firma Cementos Portland Zaragoza S.A. mit Drehöfen nach dem Nassverfahren eröffnet wird; die „ Asland "-Gesellschaft baut zur Zeit eine moderne Fabrik in Cordoba; eine andere ist in der Provinz Valladolid, fern von allen bestehenden Produktionszentren geplant, und es wird für diese eine grosse Entwicklung vorausgesehen.

Die Fabrikantenvereinigung hat seit kurzem mit der Veröffentlichung von Broschüren und mit Propaganda hinsichtlich der Vorteile von Portlandzement begonnen. Die Fabriken sind dabei, ihre Leistung zu steigern und Laboratorien sowie Auskunftsbüros zu eröffnen für ihre Kunden. Die Bautechnik hat in den letzten Jahren beträchtliche Fortschritte gemacht hinsichtlich der Konstruktion von Wolkenkratzern und einer grösseren Anwendung von Eisenbeton und Betonwaren.

Die Herstellung von Tonerdezement scheint in Spanien keine grosse Zukunft zu besitzen. Bauxit findet sich nur wenig. Doch haben einige technische Veröffentlichungen auf die Möglichkeit der Verwendung minderwertiger Bauxite, um Hochofenschlacken zu verbessern, hingewiesen und zwar in Uebereinstimmung mit Versuchen, die in den Vereinigten Staaten von Amerika durch das Büro of Mines ausgeführt wurden und nachwiesen, dass aus den so erhaltenen tonerdereichen Schlacken eine gewisse Menge Zement hergestellt werden kann.

Weisser Portlandzement, der zuerst in Spanien durch die „ Asland "-Gesellschaft und später durch „ Griffi " hergestellt wurde, wird in wachsendem Masse für Dekorations-und ornamentale Arbeiten verlangt. Auf der 1925 in Madrid abgehaltenen Bauausstellung stellte die „ Asland "-Gesellschaft aus eigenem weissem Portlandzement fabrizierte Statuen aus. In dem spanischen Dorf auf der internationalen Ausstellung zu Barcelona im Jahre 1929 wurde weisser, in Spanien hergestellter Portlandzement verwendet zur Reproduktion spanischer Bauten, Denkmäler und architektonischer Einzelheiten. Kalkstein, Granit, Ton und andere Materialien wurden naturgetreu imitiert, und die Reproduktion war sowohl nach Farbe wie Struktur vollkommen.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Bezugspreise.

Auf Grund der sehr stark vermehrten Herstellungkosten von „ Cement and Cement Manufacture " in seiner neuen Form, ist es notwendig gewesen, den Preis auf 2 Shilling für jedes Heft zu erhöhen. Der jährliche, in der ganzen Welt postfreie Bezugspreis beträgt 24 Shilling. Augenblickliche Bezieher, welche auf Grund unserer früheren Subskriptionsliste im Voraus bezahlt heben, werden so lange die Hefte zum alten Preise weiter erhalten, bis ihr gegenwärtiges Abonnement abläuft.

Der jährliche Bezugspreis ist an „ Cement and Cement Manufacture," London, S.W.1, Dartmouth Street 20, England einzusenden, worauf die Hefte regelmässig monatlich für die Dauer des Bezugs zugestellt werden.

Neue Zementwerke in Neu-Seeland.

Die in Burnside bei Dunedin (Neu-Seeland) gelegenen, neuen Werke der Milburn Lime & Cement Co. Ltd. wurden am 11. März 1929, in Betrieb genommen. In dieser Fabrik (von Edgar Allen & Co. Ltd.) können wöchentlich 1,000 t Zement erzeugt werden.

Die Rohstoffe bestehen aus Kalkstein und Mergel. Gleichzeitig mit dem Pumpen des Schlamms entleert am Boden des Kalkstein-Trichterbunkers eine Schüttelvorrichtung diesen in die Becher eines endlosen Kettenelevators, der das Gestein in einen 600 t fassenden Behälter fördert, welcher sich dem Schlammsilo benachbart und in der Nähe der ersten Zerkleinerungsverbundmühle befindet.

Aus diesem Bunker wird der Kalkstein über ein Förderband nach einem Drehtisch gefördert, der automatisch eine Verbundmühle speist, in welcher das Vorbrechen stattfindet. Der Mergelschlamm wird der Mühle durch ein Sturzrad zugeführt und kommt wie auch das Gestein in die Mühle, gleichzeitig mit der richtig bemessenen Wassermenge.

Die Verbundmühle, welche durch einen 450 PS starken Motor getrieben wird, misst in der Länge 11 m und im Durchmesser 2 m. In der ersten Abteilung der Mühle wird das Gestein zwischen geschmiedeten Stahlkugeln zertrümmert. In dem Masse, wie die Zerkleinerung fortschreitet, tritt das Material in die nächste mittlere Abteilung der Mühle ein, in der es durch kleinere Kugeln gemahlen wird. Der Prozess ist beendet, wenn das Material in die dritte Abteilung gelangt, wo als Mahlmittel ein Satz von sehr kleinen Stahlgusskugeln dient. Aus der Verbundmühle wird die Mischung des Mergels und Kalksteins auf drei Ausgleichbehälter gepumpt, die jeder ein Fassungsvermogen von 360 t besitzen. Druckluftrührung vehindert Festwerden der Mischung.

Der Drehofen ist 61 m lang und besitzt einen Durchmesser von 2,7 m. Er ist im Verhältnis von 1 : 24 gegen die Horizontale geneigt und wird durch einen 50 PS starken Motor getrieben.

Eine Schüttelvorrichtung speist das Förderband, das die automatisch arbeitenden Aufgabeteller mit Klinkern versorgt. In diesem Stadium werden dem Klinker 2% Gips aus Australien zugesetzt. Die Mühle ist von ähnlichen Ausmassen wie die zuvor beschriebene und wird von einem 450 PS starken Motor getrieben. Der Zement wird in 20 Bunkern zu je 200 t Fassungsvermögen eingelagert. Ein System von Schneckentransporteuren fördert ihn von hier zu der Packmaschine, welche in der Stunde 25 t zu leisten vermag.

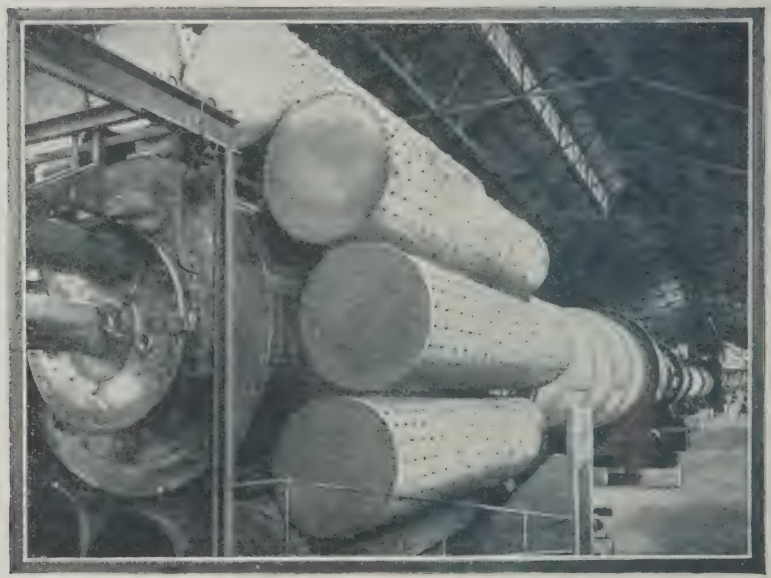
Es ist vorgesehen, jeden Teil der Fabrik auf das Doppelte zu vergrössern, sobald die Nachfrage nach dem Erzeugnis sich genügend entwickelt, um solche Erweiterung notwendig zu machen.

Die elektrische Ausrüstung der Fabrik umfasst 32 Motore, die zusammen 2,100 PS entwickeln. Zwei dieser Motore sind, je 450 PS stark, und arbeiten jeder mit 6,600 volt starkem Strom. Den grössten Teil des Stromes erhält die Gesellschaft mit Spannung von 6,600 Volt und transformiert diesen herunter auf 400 Volt. Die Fabrik besitzt zwei Synchron-Motore, die den Kraftverbrauch in den Werken ausgleichen.

Abbildung 1 (siehe Seite 708) zeigt eine Generalansicht der Werke in Burnside (Neu-Seeland). Abbildung 2 (siehe Seite 709) zeigt die Ansicht der Zementmühle während der Montage.

K

VICKERS-ARMSTRONGS LIMITED



El grabado reproduce uno de tres grandes hornos rotatorios "REFLEX" provisto de Recuperador patentado, fabricado por los Sres. Vickers-Armstrong, Ltd., de Barrow-in-Furness, Inglaterra. Este horno tiene una longitud total de 99.43 m., siendo el diámetro por encima de los cilindros del recuperador de 8.08 m.

Este tipo de horno hace que los cimientos y edificios puedan ser de una altura mínima, suministrando una economía de inversión de capital y una baja temperatura en los gases de salida, con reducido consumo de carbón.
Diríjanse todas las solicitudes a los Talleres de

BARROW-IN-FURNESS, INGLATERRA.

Oficinas :

VICKERS HOUSE, BROADWAY, LONDON, S.W.1,
INGLATERRA.

VOLUMEN 3. NÚMERO 5. MAYO 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
EL CEMENTO Y SU FABRICACIÓN.

SECCIÓN ESPAÑOLA

PUBLICADA POR CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, INGLATERRA.
Se publica el 20 de cada mes. Precio, 2 shillings el ejemplar.
Subscripción anual, 24 shillings, franqueo comprendido.

Los métodos de ensayo del cemento.

por el Dr. C. R. PLATZMANN.

Los números de enero y febrero de esta Revista contienen una variada serie de colaboraciones acerca de los métodos de ensayo del cemento, que merecen tanta más atención, cuanto que todos, en forma más o menos optimista, reflejan múltiples y contrapuestos puntos de vista, relativos a una unificación de las prescripciones de las Normas. En artículos anteriores del que suscribe,[1] que se remontan hasta 1927, se indicó ya, no sólo la diversidad de normas vigentes en los distintos países (citándose las prescripciones de 27 estados), sino, además, los esfuerzos para conseguir una unificación de las mismas. Esa tendencia no es de ahora. La recopilación publicada hace algunos años, por ejemplo, por A. C. Davis,[2] en su excelente libro, indica bien explícitamente lo indeseable que tal diversidad en las normas resulta.

En los últimos años han ido aumentando los votos de los que desearían ver modificado el actual sistema de normas para el cemento. Por una parte, tenemos los esfuerzos de Féret (Boulogne-sur-Mer) y de Ros (Zürich), en favor de un ensayo sobre mortero plástico, en lugar de los actuales, efectuados a base de consistencias de tierra húmeda; y por otra, parecen manifestarse tendencias que pretenden modificar el sistema, de manera aún más radical, ya que proponen dictaminar acerca de la calidad, a base de la composición química. Como portaestandarte de esta tendencia se manifestó, desde el principio, un químico tan mundialmente conocido como P. H. Bates, del " Bureau of Standards " de Washington, quien en el número extraordinario de la revista " Zement," publicado con motivo del Cincuentenario de la Agrupación de Fabricantes Alemanes de Cemento Portland, publicó un trabajo acerca del tema: " El actual estado de la investigación del cemento Portland, y las posibilidades de fabricación de cementos de alto valor,"[3] al final del cual expuso una acerba crítica de los actuales métodos de ensayo del cemento, discutiendo su sensibilidad, su precisión, su escrupulosidad, y rechazando, sobre todo, la aplicación de los actuales procedimientos al ensayo de los cementos de altas resistencias iniciales y de alúmina. A propósito de este punto, debe ser también mencionado

un artículo publicado hace poco,[4] que es (que yo sepa) donde por primera vez se intenta establecer una relación, o correspondencia, entre la composición química de un cemento, y su resistencia, a base de datos experimentales. Es tanto más interesante ese trabajo, cuanto que, precisamente el Dr. Haegermann, en su colaboración[5] en "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE," ha combatido decididamente la existencia de tal correspondencia, y que, por otra parte, su inteligente competencia técnica de ningún modo puede ser puesta en duda.

En esta situación de las cosas, séanos permitido reseñar aquí con toda brevedad el mencionado trabajo de A. I. Poole. Poole, admitiendo la hipótesis de que el silicato tricálcico es el elemento a que principalmente se debe la hidraulicidad del cemento Portland, pretende deducir las resistencias a 7 días, partiendo de las cantidades de cal separadas por la hidratación, cantidades que determina por valoración. Esas tentativas, dicho sea de paso, distan mucho, todavía, de su madurez, para que se les pueda conceder ya el carácter de normas. Sin embargo, merecen ser tenidas en cuenta, ya que, ante el descontento producido por las normas actuales, ha debido dedicarse una preferente atención al problema de su perfeccionamiento, y que, aún los más fervientes partidarios del mantenimiento del presente sistema de normas, convienen, desde luego, en que éste es imperfecto y requiere ser mejorado. Ésto es lo que se desprende, sin ambigüedad alguna, de los artículos del Prof. H. Kühl[6] y del Dr. Haegermann. Las tentativas inglesas para llevar a cabo una fundamental revisión de sus normas, sólo pueden ser interpretadas en dicho sentido.

Bastante más importante que la refundición de las normas es tratar de llegar a una unificación de las mismas. Paralelamente, puede muy bien seguir su curso una labor internacional de conjunto, destinada, principalmente, a reconstruir los métodos normales sobre bases más modernas.

Desde luego, es general la opinión de que las primitivas normas alemanas del año 1878 (que son las más antiguas de todas) significaban para su época un hecho excepcional, cosa que resalta bien claramente si se observa que tales normas y sus revisiones ulteriores han dejado sentir una influencia decisiva sobre los Pliegos de Condiciones de muchos otros países. Se comprenderá, por lo tanto, perfectamente, que precisamente en Alemania se tenga gran aprecio a aquellas normas, a su tradición y a la indudable garantía que proporcionan varios decenios de experiencia; sin embargo, ésta ha sido rebasada por el enorme aumento de calidad de los cementos, tanto en Alemania como en los otros países, en medida muy superior a cuanto pudo pensarse. Por otra parte, se tiene en algunos casos la sensación (y ésto no sucede sólo en Alemania) de que cada país aislado quisiera convertir la cuestión de la rígida conservación de su sistema de normas en una especie de pundonor nacional, mientras que, al establecerse la estrecha trabazón económica internacional entre los diversos estados, ningún país siente reparo, en cambio, en concertar convenios con otros países acerca de los mercados, aduanas, etc. Tal inconsecuencia es absolutamente incomprensible, puesto que los convenios acerca de cuestiones de la índole mencionada presuponen, naturalmente, que se trata, desde luego, de productos iguales y de idéntica calidad.

Sobre este punto, indica el Dr. Haegermann en su trabajo (y con razón), que ya, por de pronto, las distintas arenas normales excluyen toda posibilidad de comparación entre los resultados; sin embargo, reprueba, al mismo tiempo, los ensayos sobre probetas de pasta pura, y expone una manifiesta tendencia a inclinarse por el ensayo sobre morteros plásticos, preparados con arenas de grano mezclado, que parece ser, para él, el ideal a que debe tenderse, si se

quiere llegar a una unificación de los diversos Pliegos de Condiciones. Pero, por digna de atención que sea tal proposición, y por valiosos que sean los argumentos de Haegermann sobre este punto, del ensayo de los cementos, creo, sin embargo, que la adopción de una arena de grano mezclado y de la misma composición en todo el mundo, tiene que presentar los mismos inconvenientes y dificultades que llevan consigo las otras arenas normales.

Creo, además, que la abolición de la prueba a la tracción con mortero 1 : 3 será perjudicial. No existe, que sepamos, relación fija alguna entre las resistencias a la compresión y a la tracción, y, sin embargo, en el curso de la fabricación debería haberse procurado conseguir alguna, pues, ciertamente, la determinación de la resistencia a la tracción constituye un valioso dato para juzgar de la estabilidad de volumen de un cemento. Los cementos con resistencias a la compresión relativamente elevadas, y resistencias a la tracción desproporcionadamente bajas, son siempre sospechosos de expansión. Como, a pesar de esa tendencia, pueden cumplir de manera suficiente con los ensayos acelerados (Le Chatelier y Michaelis) de la estabilidad de volumen, estos ensayos no indican de modo bien definido muchas de las causas de expansión, por lo cual, la supresión de la prueba de la resistencia a la tracción equivale a renunciar a un indispensable coeficiente de seguridad, aunque llegase a introducirse eventualmente en las normas el ensayo de la resistencia a la flexión. Como, además, los aparatos necesarios para el ensayo de las resistencias a la tracción, son mucho menos costosos que los necesarios para la determinación de las resistencias a la compresión, y precisamente la industria del hormigón concede cada día mayor importancia al control técnico-económico, debe procurarse no complicar ni dificultar innecesariamente dicho control.

Los cementos actuales son, además, mucho más altos en cal (véanse, si no, los cementos de alta resistencia inicial), y, por consiguiente, se hallan mucho más cercanos al límite de expansión. Todas las irregularidades frecuentemente observadas en los procesos de fabricación (trituración preliminar, proceso de cocción, molturación del clinker), pueden, por consiguiente, en determinadas circunstancias, ejercer una influencia fatal, especialmente si no se dispone del ensayo a la tracción como medio de control.

Es evidente que puede prescindirse, desde luego, de las prescripciones relativas al peso específico, pues H. Kühl, en su artículo indica (y tiene mucha razón) que la deficiencia del peso específico puede ponerse de manifiesto por medio de otras pruebas. La prescripción relativa a la finura de molturación ha perdido, también, gran parte de su importancia, desde que los tamices existentes no están ya en condiciones de reflejar una imagen fiel de la composición granulométrica, especialmente en lo que atañe al polvo más fino. El valor de ese dato es sumamente problemático para los cementos de alta resistencia inicial. Lo expuesto por D. B. Butler[7] sobre este tema, en su artículo " El pasado y el presente del cemento," es muy convincente, por explicar muy razonadamente el concepto de que los aparatos de separación por aire representan un auxiliar de primer orden para el fabricante de cemento. Para citar únicamente un ejemplo, resulta un absurdo prescribir para los cementos actuales un residuo máximo del 5% al tamiz de 900 mallas. Butler, basándose en sus experiencias práticas, ha demostrado de modo concluyente, que incluso un residuo del 1%, como el prescrito en Inglaterra, no corresponde, ya, a las circunstancias de la realidad.

Los puntos esenciales, por los que en la actualidad es determinada la calidad de un cemento, consisten, según afirma el Dr. Haegermann con mucha razón, en establecer en las normas una definición bien delimitada de lo que debe ser el cemento en cuestión, y en prescripciones adecuadas de los tiempos de

fraguado, de la estabilidad de volumen y de la resistencia. Cuando esas prescripciones son adecuadas al material correspondiente, todas las demás normas son innecesarias, o, por lo menos, de una importancia secundaria.

Los argumentos expuestos por el Dr. Haegermann acerca de la cuestión del tiempo del fraguado, pueden ser unánimemente subscritos por completo. Echa de menos, ciertamente, la recomendación de la medición de la consistencia, tal como existe, por ejemplo, en las normas suizas, austriacas y polacas, gracias a cuya introducción se confía en obtener resultados más uniformes con el aparato de Vicat, ya que cuantos han tratado de ella están de acuerdo en que ningún instrumento de medida hay que esté sujeto a importantes factores de indeterminación. Mientras no se pueda substituir por un aparato registrador automático (y para ello faltan, según todos los indicios, múltiples ensayos), será preciso conformarse, desgraciadamente, durante algún tiempo todavía, con la imperfección del aparato actual. Es posible imaginar, desde luego, que algún día se llegue a encontrar algún dispositivo automático que guarde una determinada relacion fija con el calor desarrollado en el fraguado, o que establezca una correspondencia entre la composición química y el tiempo de fraguado del cemento. Ésto parece estar aún lejos, y probablemente pasará todavía mucho tiempo, y se propondrán muchos aparatos inútiles y defectuosos, antes de llegar a ello. Es indudable que resulta indispensable la fijación de un plazo para el comienzo del fraguado. En adelante, se tendrá que tener en cuenta la cuestión, tantas veces debatida en esta Revista, del plazo erróneo del fraguado (falso fraguado), gracias a una exacta normalización del tiempo de amasado. Respecto del fin del fraguado, se podría, tal vez, prescindir de establecer una prescripción basada en las consideraciones de Haegermann; sin embargo, por razón del control del proceso de endurecimiento, parece que tal determinación puede aún ser de utilidad, ya que es sabido en cuán amplios límites acostumbran a tener lugar las oscilaciones que sobre esta materia se observan. Como precisamente los cementos adulterados, sea por agregación de puzolanas, sea por estar hechos de cal hidráulica y escorias de altos hornos, suelen presentar una desmesurada prolongación del tiempo del fraguado, es posible que en la fijación de un plazo máximo para el fin del fraguado se halle cierta posibilidad de conjeturar tales falsificaciones.

Los consumidores de cemento, que, en la mayor parte de los casos, no están en condiciones de aguardar los resultados de una prueba de 4 semanas, presentan esta objeción contra el ensayo, generalizado casi en todas partes, de la estabilidad de volumen consistente en observar si se curva o agrieta una galleta de cemento, conservada durante 28 días en agua. Los ensayos acelerados de estabilidad de volumen, que sería muy de desear se limitaran a los de Le Chatelier y Michaelis, parece que, por el contrario, no merecen todavía una absoluta confianza, y que no representan aún una garantía suficiente de que no se presentarán, con el tiempo, fenómenos de expansión.

Las manifestaciones de H. Kühl, por ejemplo, que se muestra contrario a variar los ensayos acelerados (Australia) deberían ser tenidas en cuenta en la máxima medida posible. Por otra parte, no está nada de más, en la actualidad, dejar en vigor los ensayos acelerados a título de pruebas provisionales, y el ensayo en agua fría a 28 días como prueba definitiva. Ésto no obstante, las pruebas aceleradas deben ser contrastadas con un ensayo de resistencias a plazo corto (dos o tres días) y exigir en ese ensayo una determinada relación entre las resistencias a la tracción y a la compresión, como por ejemplo, la de 1 : 10, para elevar, de este modo, los coeficientes de seguridad.

Ya se ha dicho, en lo que precede, algo acerca de los ensayos de resistencias. La cuestión más importante sería la de llegar a una decisión acerca

de si la preparación de las probetas debe hacerse mecánicamente o a mano. El sistema de preparar las probetas a mano, usual en Inglaterra y América (incluyendo en ésta el Canadá y Jamaica), aparte de ofrecer entre los diversos países que lo emplean gran diversidad de métodos, exige en los que deben llevarlo a cabo una gran práctica y habilidad manual, por lo cual debe considerarse el sistema como muy inferior al procedimiento mecánico. La garantía de uniformidad de las probetas con la preparación mecánica tiene que ser, necesariamente, mucho mayor, tanto por lo que se refiere a la cantidad de masa que entra en cada probeta, como por lo relativo a su homogeneidad (uniformidad en la distribución del cemento, arena y agua). Las manifestaciones de R. H. H. Stanger,[8] publicadas en esta misma revista, indican hasta qué punto se tiene la impresión (incluso en Inglaterra) de que es recomendable la adopción del aparato de martillos en las normas inglesas, para evitar las irregularidades de preparación. Asímismo, en la discusión[9] originada por una conferencia de D. B. Butler, en la que se trató de este tema, se pudo observar en varios puntos el deseo de que las normas inglesas sean más adelante revisadas, en materia de que la preparación de las probetas se lleve a cabo mecánicamente. Si se decidiese en Inglaterra la adopción obligatoria de la preparación mecánica de las probetas, se habría dado un importante paso hacia la unificación de las normas, especialmente si se tiene en cuenta el crédito moral que posee Inglaterra como país donde nació la industria del cemento Portland. No puede, además, caber duda alguna de que seguirían el ejemplo de Inglaterra, el Canadá y Jamaica con toda seguridad, y los Estados Unidos probablemente. Australia ha prescrito, desde hace ya mucho tiempo, en sus normas, la preparación mecánica de las probetas. Al elegir entre el aparato de martillos y el mazo Klebe, debería darse la preferencia al primero, en atención a que el apisonado con el mazo es irregularmente más fuerte, y no se aproxima tanto a las condiciones de la práctica como el apisonado llevado a cabo con el aparato de martillos.

Debería procurarse una imitación, lo más aproximada posible, de las circunstancias de la práctica constructiva, en tanto que ésto no lesionase la precisión del ensayo. Partiendo de esta base, parece ser conveniente proponer la abolición de la prueba a la tracción en pasta pura. El cemento no se emplea en obra nunca puro, y, en cambio, el espíritu de los ensayos normales es el de que la industria que aplica el cemento pueda hallar en sus resultados una indicación de la calidad del producto. Las objeciones de que lo que debe ser ensayado es el cemento, y no un mortero, y de que, además, la prueba a la tracción en probetas de pasta pura hace más fácil la diferenciación de las variedades o mixtificaciones del cemento, no pueden ser consideradas como verdaderamente sólidas en lo tocante a los puntos mencionados, pues, en primer término la definición del Portland bien entendida protege, ya por sí sola, contra las adulteraciones, y luego, la preparación de probetas de pasta pura exentas de grietas de contracción presenta sus dificultades, y, finalmente, la relación o correspondencia que, a mi modo de ver, hay que prescribir entre las resistencias a la tracción y a la compresión, sobre cuyo punto se ha dicho ya antes lo necesario, constituye una garantía más de protección.

Junto a esa unificación, deben, asímismo, unificarse los plazos a que se efectúan los ensayos. El acuerdo es casi general acerca del ensayo a 7 y a 28 días. Sin embargo, en el porvenir, y en interés de la industria que utiliza el cemento, deberá indispensablemente emplearse el ensayo a 3 días. En este punto no parece difícil lograr la unificación. Lo contrario ocurriría si, como ya se ha hecho en Austria y se ha propuesto en Inglaterra, se tratase de substituir con aquella prueba la de 28 días, que en tal caso se suprimiría.

Respecto de la cuestión de qué clase de resistencias deben ser determinadas, no es posible dudar de que, tanto la resistencia a la tracción como la resistencia a la compresión suministran datos acerca de valiosas cualidades del cemento. Considero, según mi opinión particular, que para no complicar innecesariamente el procedimiento, y no hacer el ensayo demasiado pesado y costoso, debe prescindirse del ensayo de resistencias a la flexión. Me induce a pensar así la consideración de que la resistencia a la flexión no representa ninguna clase de esfuerzo simple, sino que consiste en una combinación de compresión y tracción. Es muy satisfactorio ver que en Inglaterra se está prestando recientemente mucha atención al ensayo a la compresión, cosa que se ha puesto de manifiesto, sobre todo, en la discusión antes citada. La probabilidad de que en dicha materia se pueda llegar a una unificación estriba, pues, indudablemente, en la buena voluntad de los interesados en el asunto.

El Dr. Haegermann se promete mucho del ensayo con morteros plásticos. Es indudable que éstos tienen en su favor argumentos de peso, entre los que pueden ser citados, especialmente, el de la analogía de circunstancias y condiciones entre las de la preparación de las probetas y las de la construcción práctica; así como, también, el de la posibilidad de prescindir de aparatos mecánicos en la preparación de dichas probetas. Las resistencias obtenidas en el ensayo de morteros plásticos son, desde luego, inferiores a las obtenidas con morteros de consistencia de tierra húmeda. Ésto no es, ni puede ser, ningún inconveniente. Muchas veces, en los últimos años, se ha exagerado algo tendenciosamente la importancia de las resistencias a la compresión, especialmente respecto de la resistencia a la tracción, que no ha experimentado aumentos del mismo grado. La mayor dificultad que se opone a la adopción del ensayo sobre morteros plásticos puede estribar en el llegar a una unidad de criterio acerca de la arena de grano mezclado y para adoptar una de la misma clase e idéntica composición química para todo el mundo, ya que, aún en el caso de que recayese sobre tal ensayo un acuerdo internacional, difícilmente los demás países podrían conformarse a que un solo país monopolizase esa arena normal para siempre.

La importancia de la dosis de agua y de la clase de consistencia ha sido ponderada, no sólo por R. H. H. Stanger,[10] sino también por el Dr. Haegermann.[11] Volveremos sobre este punto en nuevo artículo, ya que, con motivo de la discusión suscitada en el número 1 de este año, seguirán nuevas colaboraciones sobre el mismo tema, y habrá oportunidad para inclinarse hacia una u otra.

El autor de estas líneas propuso,[12] ya en 1928, unas normas unitarias. Es satisfactorio que ahora, con la publicación en 4 idiomas de esta Revista, se haya creado un centro de discusión, en el que parecen encauzarse esos problemas. Es indudable que, en todo el mundo, se siente interés por estas cuestiones, y aún parece posible llegar a unificar métodos que, en la actualidad, son todavía sumamente divergentes. Habría que renunciar a la preferencia por tal o cual tendencia sobre tal o cual otra de las prescripciones de las normas del propio país, o bien se deberían crear (ya que no se puede lograr una unificación) normas internacionales, que en todos los países se hallasen en vigor, junto con las normas nacionales, para los cementos importados del extranjero.

Tal solución sería aceptable a título de fase, o período de transición, ya que, a mi modo de ver, sólo puede irse a la unificación de manera gradual, y de ningún modo queriéndola realizar de hoy a mañana.

A la " Agrupación Internacional para el ensayo de materiales técnicos " se presenta aquí una misión extremadamente beneficiosa, cuya solución le agradecerán en gran manera, tanto los fabricantes de cemento como los vendedores y consumidores de dicho producto.

Bibliografía.

[1] Zement, No. 45 (1927), págs. 1067/1073; No. 36 (1928), págs. 1335/1336; Rock Products, Chicago, 21-1-1928, pág. 97; Concrete, Chicago, tomo 32, No. 2 (1928), págs. 103/108; The Journal of the Society of Chemical Industry, Japón, tomo 32, No. 8 (1929), págs. 797/807.

[2] A. C. Davis, " A Hundred Years of Portland Cement, 1824/1924," pág. 191 y siguientes; Edición: Concrete Publications, Ltd., 20, Dartmouth Street, London, S.W.1.

[3] Zement, No. 34 (1927), págs. 753/757; el mismo trabajo se publicó también en la revista norteamericana Rock Products, Chicago.

[4] Zement, No. 49 (1929), pág. 1426.

[5] " Los métodos de ensayo del cemento," Cement and Cement Manufacture, tomo 3, No. 1 (1930).

[6] Cement and Cement Manufacture, tomo 3, No. 1 (1930).

[7] Cement and Cement Manufacture, tomo 3, No. 2 (1930).

[8] " El ensayo del cemento Portland," Cement and Cement Manufacture, tomo 1, No. 1 (1928), págs. 14/15.

[9] " El porvenir del ensayo del cemento," Cement and Cement Manufacture, tomo 2 (1929), págs. 62/64.

[10] Cement and Cement Manufacture, tomo 1, No. 1 (1928), págs. 13/14.

[11] Cement and Cement Manufacture, tomo 3, No. 1 (1930).

[12] Zement, No. 36 (1928), págs. 1335/1336.

La entropia del cemento Portland.

por GEOFFREY MARTIN.

Los ingenieros prácticos no suelen olvidar el hecho de que, cuando están trabajando con hogares en los que se hace experimentar a las substancias cambios físicos y químicos, no es solamente la cantidad de calor lo que debe tenerse en cuenta, sino aún más la presión térmica (o temperatura, como la llaman los físicos), en que el calor es entregado a dicha substancia. Por ejemplo, 100 calorías, disponibles a una presión térmica de 100° C., son mucho menos valiosas que 100 calorías disponibles, por ejemplo, a 1425° C. En el primer caso, dichas 100 calorías no producirán ningún clinker de cemento, y en el otro caso, las 100 calorías pueden convertirse en una cantidad equivalente de clinker.

El balance térmico usual del horno rotatorio no posee casi ningún valor desde el punto de vista técnico, porque las cantidades de calor están todas expresadas en determinado número de calorías, sin hacer mención de si dichas calorías están disponibles a una presión térmica, o temperatura, alta o baja.

Por ejemplo, cuando la temperatura de la llama es de tan sólo 805° C, es necesario quemar una cantidad inmensa de carbón para producir un gramo de clinker, mientras que cuando la temperatura de la llama ha alcanzado su límite máximo de 2,966° C, podemos producir 100 t. de clinker con un consumo de tan sólo 6.36 t. de carbón standard. Con una temperatura de la llama de 1,425° C podríamos producir 100 t. de clinker mediante la combustión de 24.8 t. de carbón standard.

El autor sostiene que, por ignorar ese factor, se ha retrasado en gran manera el progreso de la construccion de hornos de cemento durante estos últimos treinta años, y se han llevado a cabo muchos y costosos experimentos, que de antemano estaban condenados al fracaso, por no haber tenido en cuenta los constructores esos principios fundamentales de Termodinámica.

VARIACION DE LA ENTROPIA EN LOS MATERIALES SÓLIDOS, QUE TIENE LUGAR AL PRODUCIR 453 G. DE CLINKER DE CEMENTO PORTLAND, TOMANDO COMO CERO LA ENTROPIA DE DICHA CANTIDAD DE CEMENTO A 0° C.

Temperatura.		Entropia Φ en "Ranks."	Observaciones.	Variación total de la entropia durante las diferentes fases.	Variación total de la entropia según diferentes zonas.
t °C.	T °K.				
0	273	0.00	—	+ 0.128	Zona de desecación 0.124
100	373	0.124	—		
100	373	0.124 al principio de 100° C.	Desprendimiento de agua por la sílice hidratada.	+ 0.006	—
		0.130 al final de 100° C.			
100	373			+ 0.009	Zona de calentamiento previo 0.447
155.5	428.5	0.189			
211.1	484.1	0.238			
266.6	539.6	0.282			
322.2	595.2	0.322			
377.7	650.7	0.358			
433.3	706.3	0.391			
488.8	761.8	0.422			
544.4	817.4	0.450			
600	873	0.477 al principio de los 600° C.	Desprendimiento de agua por el caolín.		
		0.486 al final de los 600° C.			
655.5	928.5	0.510			
711.1	984.1	0.534			
766.6	1039.6	0.556			
805	1078	0.591			
805	1078	0.591 al principio de los 805° C.	Desprendimiento de CO_2 por el carbonato cálcico.	+ 0.418	Zona de descarbonatación 0.418
		0.989 al final de los 805° C.			
805	1078	0.989		—	Zona de vitrificación 0.0582
860.5	1133.5	1.0033		—	
916.1	1189.1	1.0168		—	
971.6	1244.6	1.0297		—	
1027.2	1300.2	1.0420		—	
1082.7	1355.7	1.0539		—	
1138.3	1411.3	1.0651		—	
1193.8	1466.8	1.0761		—	
1249.4	1522.4	1.0864		—	
1305	1578	1.0967		—	
1360.5	1633.5	1.1063		—	
1370	1643	1.1080		—	
1370	1643	1.1080 al principio de los 1370 °C.	Desprendimiento de calor debido a la reaccion exotérmica de la formación del clinker.	— 0.0608	
		1.0472 al final de los 1370 °C.			

Los físico-matemáticos expresan el hecho de que, no solamente tiene importancia la cantidad de calor, sino también la presión térmica, o temperatura a que se aplica, introduciendo el concepto de la " entropia." La variación de entropia de una substancia se mide por la cantidad de calor que pasa a la substancia, dividida por la temperatura absoluta a la cual pasa a ella. En el lenguaje matemático, si Φ es la variación de entropia, Q la cantidad de calor, y T la temperatura absoluta, tendremos que

$$\Phi = \int \frac{d\,Q}{T}.$$

Las unidades de entropia se denominan " Ranks," del nombre del ingeniero Rankine, quien desarrolló ampliamente el concepto de la entropia, aplicado al estudio de las máquinas de vapor y de las calderas.

El concepto de la entropia es de importancia primordial para el ingeniero especializado en vapor. Gracias a él, se resuelven fácil y rápidamente problemas en la ingeniería del vapor que sería difícil, si no imposible, resolver por ningún otro procedimiento.

Los progresos fundamentales en el estudio de calderas, hogares y máquinas de vapor, realizados en los tiempos modernos, han arrancado en gran parte del concepto de la entropia y del de la energía disponible. Las tablas de entropia, publicadas por el Profesor Callendar y por otros autores en estos últimos años, han suministrado los datos necesarios a todos los ingenieros especialistas en vapor. De no menor importancia para el acertado proyecto de los hornos de cemento es el conocimiento de la magnitud de las variaciones de entropia que tienen lugar en diferentes momentos de la formación del clinker de cemento.

Los cálculos realizados sobre la termodinámica de la formación del cemento prueban que, a base de un plan termodinámico adecuado, un horno ideal podría producir 100 t. de clinker de cemento, mediante la combustión de 6.36 t. de carbón standard (de 7,000 calorías), y que modificando la disposición de los hornos para adaptarlos a las variaciones de entropia en el crudo en los distintos puntos del horno, podrían construirse hornos de mucho mayor rendimiento que los actualmente existentes. Los proyectistas prácticos de hornos, que estén familiarizados con la teoría termodinámica, acogerán probablemente con satisfacción la tabla siguiente, en la cual he calculado la variación de entropia de los materiales sólidos, al tomar como cero la entropia de 453 g. a 0° C. Que yo sepa, ésta es la primera vez que se calculan estas tablas para la industria del cemento. Sin duda, en el porvenir se obtendrán tablas de mayor precisión, cuando los datos térmicos referentes a la formación del cemento se hayan determinado con mayor exactitud.

La industria alemana del cemento en el año 1929.

Con motivo de la Asamblea de Fabricantes de la Liga Alemana del Cemento, el Presidente de la Liga, Dr. H. P. Riepert, el 27 de febrero de 1930 expuso lo siguiente acerca del pasado año económico.

Así como en 1928 la industria alemana del cemento alcanzó una venta total de 8,5 millones de toneladas (comprendiendo en ella la de las fábricas libres) el año 1929, a causa de su crudísimo invierno, trajo consigo una casi total paralización del mercado, a la que siguió un período de actividad hasta entonces nunca alcanzada. Así, pues, si el año 1928 se caracterizó por un aumento gradual y progresivo de las ventas, el año 1929 se ha caracterizado, en cambio, por el extremado contraste entre sus dos épocas.

Aunque las ventas de las fábricas agrupadas fueron en 1929 unas 500,000 t

más reducidas (alrededor de un 7%) que en el año precedente, se alcanzó, no obstante, una venta total de 8,44 millones de toneladas, cosa que se explica por el aumento de ventas de las fábricas de cemento natural y de las fábricas libres de cemento Portland. El consumo interior de Alemania alcanzó 7,37 millones de toneladas.

El mercado exterior del cemento, comparado con el de 1928, tomó también un giro desfavorable, como se observa en el siguiente cuadro:

	1928	1929
Importación en Alemania ...	144,000 t	154,000 t
Exportación alemana	1,090,000 t	1,070,000 t

A pesar del aumento que en 1929 sufrieron los precios de coste (carbones y salarios), fué posible mantener invariables los precios de la Agrupación, si bien en la lucha contra la competencia extranjera, la de las fábricas libres y la de los cementos naturales, hubo zonas o regiones muy combatidas, en las que hubo que conceder algunas rebajas.

La situación económica actual merece calificarse más bien de desfavorable, ya que, a pesar del invierno, que ha sido este año mucho menos frío que el año pasado, existen 2,5 millones de obreros sin trabajo, y además, los contratos para el Estado, las Provincias y los Municipios en 1930, representan importes inferiores a los del año precedente.

La industria alemana del cemento tomará parte en la fundación de la Oficina Internacional del Cemento, propuesta en La Haya. No se trata de una organización comercial de ventas, sino de una cámara de comercio, que reunirá datos estadísticos y que recogerá las iniciativas y estímulos de interés general, y ofrecerá oportunidad y ocasión a que se establezca un contacto mutuo directo, de acuerdo con las necesidades.

En la Asamblea antes citada se trataron, luego, ya sólo cuestiones económicas de carácter general, y que, por consiguiente, no ofrecen interés fuera de Alemania, ya que corresponden a las circunstancias específicas de la construcción en Alemania, y a su fomento y estímulo.

El transporte y la elevación en las fábricas de cemento.

por A. C. DAVIS, M.Inst.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.

DIRECTOR DE FÁBRICAS DE LA ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.

MUCHOS de los procesos de la fabricación del cemento Portland requieren, a menudo, gran número de operaciones de elevación, transporte y acarreo. El transporte de las primeras materias desde las canteras suele realizarse por vía férrea o por cable, pero luego las primeras materias deben transportarse desde el depósito preliminar a los molinos, desde éstos a los silos o mezcladores, y después a los hornos; el clinker debe ser llevado desde los hornos hasta los depósitos y desde los depósitos hasta los molinos; el cemento acabado, desde los molinos al almacén, los silos, o donde sea, etc. En muchas de las fases del proceso es necesario, además, elevar el material.

Tratándose de primeras materias blandas, mezcladas por la vía húmeda, la greda y arcilla suelen verterse directamente en el molino desleidor preliminar, pero para materiales secos, los transportadores desde el almacén acostumbran a ser del tipo de cinta o de correa (fig. 1, pág. 681) en forma acanalada cuando sea necesario para aumentar su capacidad, y descubiertos; a causa de la naturaleza del material no hay necesidad de cubrirlos. Algunas veces se

instalan los transportadores con una cierta inclinación, cuando la altura a ganar es pequeña, a fin de que puedan servir a la vez de elevadores y de transportadores. La inclinación máxima para trabajar en esta forma sería de 30°, pero siempre que sea posible, debe evitarse una inclinación tan marcada. La velocidad lineal corriente sería, por ejemplo, de 60 m. por minuto para las correas inclinadas, y de hasta 105 ó 120 m. por minuto para las correas horizontales.

La alimentación de los transportadores de correa se realiza habitualmente por medio de un dispositivo mecánico (fig. 2, pág. 682), con objeto de obtener una capa de material de espesor uniforme, y las correas están provistas de unas tablas de retención en una distancia de 1.80 a 3 m., en el extremo de alimentación, para impedir la pérdida de material. Las correas que llevan mucho peso se apoyan sobre rodillos que están a 90 ó 120 cm. de distancia uno de otro; esta dimensión puede aumentarse si las correas van menos cargadas. La descarga se realiza, corrientemente, pero no imprescindiblemente, al extremo de la correa, vertiéndose el material en un conducto que va a parar a una tolva, o en otra forma, si así conviniera. Se han dispuesto descargadores intermedios, para los casos en que el material ha de verterse a uno u otro lado de la correa, en cualquier punto intermedio. Este dispositivo descargador es movible, y va montado sobre ruedas, que a su vez se apoyan sobre la misma estructura que los rodillos de la correa (fig. 3, pág. 682).

El accionamiento se realiza mediante un motor eléctrico con engranaje de reducción, o por una correa y engranaje cilíndrico. El extremo de accionamiento suele ir fijo a la estructura de soporte; la disposición de ajuste para la variación de longitud de la correa, etc., suele hallarse al extremo opuesto. Si la variación de temperatura del material transportado es pequeña, solamente hará falta un ajuste por tornillo; pero si, en cambio, la variación de temperatura es considerable, debe disponerse un ajuste automático, generalmente por medio de un fuerte contrapeso.

La fig. 4 (pág. 684) reproduce un transportador de correa que acarrea primeras materias, en distintas posiciones: (*a*) el extremo de alimentación con la tolva y tablas de retención; (*b*) el extremo de descarga; (*c*) un descargador intermedio; (*d*) una sección transversal por AA, que muestra el acanalado de la correa.

Los elevadores son generalmente del tipo de cangilones, que trabajan con armaduras totalmente cerradas. Cuando el material es muy desgastador, suelen más bien emplearse correas como elemento elástico, pero si el material no fuera tan áspero, se emplearían cadenas articuladas. Las correas pueden ser tejidas o de lona, con tantos espesores como sea necesario para la carga, trabajo y fuerza. Si el material produce mucho desgaste, las correas de lona deben protegerse con una capa de caucho por ambas caras. Los cangilones pueden disponerse a distancias de 30 a 90 cm. de centro a centro; cuando el trabajo no es muy pesado, puede adoptarse el tamaño ancho, pero cuando el trabajo es duro, conviene la distancia menor. Para trabajo sumamente intenso, podrá resultar necesario colocar los cangilones tan próximos el uno al otro como sea posible, con tal que no se estorben unos a otros en la descarga.

Los elevadores de tipo de cadena se adoptan para las cargas más pesadas, hasta 200 t. por hora. En estas condiciones, la capacidad del cangilón debe ser grande, los cangilones deben estar muy contiguos entre sí para obtener una descarga continua, y la cadena debe ser muy fuerte.

Cuando se usan correas, la velocidad puede ser de hasta 120 a 135 m. por minuto, dependiendo la velocidad exacta del diámetro de la polea de cabeza. Al emplear cadenas, las velocidades deben ser muy inferiores a esta cifra. Es más fácil aprovechar el efecto de la fuerza centrífuga para la descarga al emplear correas que con las cadenas.

El borde de la cabeza del elevador representa un papel muy importante para la regulación de la descarga de cualquier tipo de elevador. La arista de dicho borde debe hallarse en posición tal con respecto al cangilón, que al empezar éste su movimiento descendente, el retorno de material sea el mínimo posible.

La fig. 5 (pág. 685) reproduce dos aspectos de un elevador de tipo de cangilones: (*a*) el material entrando en el recipiente receptor, siendo recogido de allí por los cangilones; (*b*) la parte superior, con la descarga y las placas del reborde.

Tratándose de material acabado, o parcialmente acabado, se aplican los mismos principios generales, pero el trabajo puede efectuarse de distinto modo. Para el clinker acostumbran a usarse transportadores de cangilones (fig. 6, pág. 686) y de sacudidas (fig. 7, pág. 686). En el material crudo, la cantidad de " finos " es muy reducida, y por lo general, no siempre es necesario encerrar los elevadores ni los transportadores. Además, no es posible utilizar transportadores de tornillo para ese trabajo, a causa del gran desgaste que sufrirían. En los últimos procesos de la fabricación se emplean transportadores de tornillo, por razón de la facilidad con que pueden encerrarse totalmente, y por su funcionamiento que no produce polvo.

Los transportadores de tornillo se fabrican en tamaños desde 15 a 60 y aún 75 cm. de diámetro, si la cantidad de material para transportar es suficiente para justificar estas dimensiones. Generalmente, el eje central se fabrica de tubo fuerte de acero, estirado en frio. Las hojas o planchas helicoidales se adaptan a este tubo por soldadura, a bien por medio de pernos de forma especial, de cabeza embutida. La longitud corriente de cada trozo de tornillo es de 3 a 3.60 m., agregándose los sucesivos trozos por medio de un eje de soporte, que a su vez se apoya sobre cojinetes fijos a la caja dentro de la cual gira el tornillo, o apoyados en ella. Esta caja puede ser, bien de plancha de acero, bien de hierro fundido; pero si el tornillo tiene que estar al nivel del suelo, o por debajo de él, la caja puede ser de hormigón moldeado en su mismo emplazamiento, haciéndose de la misma manera los soportes de los cojinetes.

La fig. 8 (pág. 687) reproduce un transportador de tornillo típico: (*a*) sección longitudinal; (*b*) sección transversal que permite ver la caja de acero dulce; (*c*) una sección similar en caja de hormigón.

La velocidad habitual de los tornillos transportadores varía entre 100 r.p.m. para los tamaños pequeños hasta, por ejemplo, 50 r.p.m., para el tamaño de 37.5 cm., y de por ejemplo, 30 r.p.m., para el tamaño de 60 cm. El tamaño de 15 cm., a una velocidad adecuada, transportaría sin dificultad hasta 5 t. por hora; el de 60 cm. transportaría hasta 100 t. por hora. A causa del estado constante de agitación del tornillo, es necesario encerrarlo totalmente, sea cual fuere el tipo de caja. Las cajas de acero dulce suelen tener una tapa de plancha de acero, sujeta con pernos a los bordes de la caja, doblados en ángulo. Cuando se trata de cajas de hormigón, suele cubrirse el tornillo con una plancha de unas placas cuadriculadas de pavimento, de un peso, por ejemplo, de 50 a 60 kgs. por cm^2; este peso es suficiente para mantener dicha plancha de pavimento en su sitio.

Es conveniente mantener limpia de polvo la atmósfera circundante, y para realizarlo, puede crearse en la caja del transportador, sea de acero u hormigón, una ligera depresión, por medio de un ventilador. Este ventilador aspira de la caja toda la cantidad de aire necesario para producir una ligera aspiración de aire por las rendijas. Algunas veces, la caja tiene forma de una artesa invertida, formando de esta manera una especie de caperuza, y aumentando el espacio de aire.

Raramente se emplean transportadores de cinta para el cemento acabado, a causa del polvo que se levanta de esta manera en la descarga. Al adoptar

este tipo de transportador, es preciso al afecto encerrar totalmente, tanto el extremo de descarga como el de alimentación, para reducir la molestia del polvo.

Los elevadores, especialmente los de los tamaños mayores, van mal cuando tienen que transportar material que contenga mucha cantidad de polvo impalpable. Siempre que sea posible, deberán ser del tipo de cangilones continuos (fig. 9, pág. 688), trabajando a velocidad relativamente reducida, y obteniéndose la capacidad más bien por medio del tamaño de los cangilones que por su velocidad. Para este trabajo suelen emplearse las cintas articuladas, y el desgaste ha demostrado no ser excesivo. Los materiales más frecuentemente empleados son unos eslabones de hierro maleable, con manguitos y pernos de acero al manganeso; el trabajo de las piezas hechas con estos materiales ha demostrado ser satisfactorio.

Desde que para el almacenaje del cemento acabado se han puesto a la orden del día los silos, se ha presentado una nueva dificultad, consistente en la altura extraordinaria a que hay que elevar el cemento. Los silos llegan a menudo a tener hasta 30 m., de altura, y aun cuando es posible proyectar un elevador para transportar a una altura de 30 m., probablemente resultaría más conveniente recorrer la altura total por medio de dos elevadores; y entonces se dispondría la descarga del elevador inferior de modo que vertiese en el recipiente receptor del elevador superior.

Para realizar la elevación a los silos, existen actualmente dos métodos neumáticos de transportar el polvo impalpable: (1) la bomba Fuller-Kinyon, en la que la presión del aire es mayor que la de la atmósfera; y (2) el sistema de transporte F.L.S., en el cual la presión del aire es inferior a la de la atmósfera. Para ambos se usan tuberías de acero dulce, y el cemento se transporta por dichas tuberías, después de mezclado con la cantidad conveniente de aire. La cantidad de aire necesaria será de unos 8 a 20 m^3 de aire por tonelada de cemento; la cantidad dependerá de las condiciones de funcionamiento.

La bomba Fuller-Kinyon está hecha con una sólida espiral, que gira a gran velocidad en una caja totalmente cerrada. El cemento se introduce en la caja por el extremo de admisión de la espiral, siendo descargado en la tubería situada al extremo opuesto; al descargarse, se mezcla íntimamente con el aire comprimido por medio de una platina con gran número de agujeros. Como la dirección de la corriente de aire está de acuerdo con la corriente que se desea para el cemento, la mezcla de aire y cemento corre así a gran velocidad (18 a 24 m. por segundo) por la tubería, y se descarga al extremo opuesto. No presenta ninguna dificultad el transporte por una tubería vertical; pero, sin embargo, pueden encontrarse tropiezos en el transporte por una tubería muy inclinada u horizontal, a causa de la tendencia a rezagarse si la velocidad o cantidad de aire son demasiado reducidas. La velocidad de 18 m. por segundo es probablemente el límite, pasado el cual el aparato funciona mal, y solamente debe adoptarse para tuberías muy cortas. La velocidad de 24 m. por segundo parece la más segura para la mayoría de las circunstancias, pero en tuberías muy largas, deben aumentarse tanto la cantidad como la velocidad. Este medio de transporte se ha adoptado ya para tuberías de hasta 915 m. de longitud. El sistema resulta especialmente ventajoso para líneas de transporte que no son rectas, y por este motivo puede emplearse frecuentemente en circunstancias en las que resultarían imposibles los sistemas corrientes de elevadores y transportadores.

La fig. 11 (pág. 690) reproduce una de dichas bombas, y la fig. 10 (pág. 689), es una sección de la misma: (*a*) caja; (*b*) admisión; (*c*) espiral; (*d*) motor accionador; (*e*) acoplamiento; (*f*) anillo de aire; (*g*) abertura de descarga; (*h*) principio de la tubería.

El consumo de energía y coste de este método resultan elevados, naturalmente, para cortos recorridos de transporte, pero cuando la distancia es considerable, y las dificultades son excepcionales, en muchos casos ha resultado económico y satisfactorio. El aire comprimido resulta conveniente para muchas operaciones, y especialmente para las que acabamos de mencionar, pero a causa del reducido rendimiento del compresor, resulta de producción costosa.

El sistema F.L.S. está basado en un principio diferente. Suele comprender dos recipientes, cada uno de ellos de 2 a 3 t. de capacidad, según sea la capacidad de la fábrica. Cada recipiente está conectado, por una serie de tuberías y válvulas, al depósito o recipiente que se desea vaciar, al silo o almacén que se quiere llenar, a un aspirador, a un compresor, y a la tubería. Los aspiradores llenan alternativamente los recipientes, desde el silo o tanque. Se vacían de la misma manera mediante el compresor, realizándose la descarga en el almacén o silo. Disponiendo de dos recipientes, el procedimiento resulta casi continuo, pues mientras uno de los recipientes se está llenando por el aspirador, el otro se vacía por medio del compresor. Precisa cierta cantidad de cuidado y atención para evitar los escapes por una u otra de las numerosas válvulas y tuberías.

Este método de transporte está más o menos en su infancia todavía, pero ya ha demostrado poder transportar de 30 a 40 t. por hora de esta manera. En Inglaterra se están instalando algunas fábricas a base de este sistema.

En el método Fuller-Kinyon, el cemento se introduce en la bomba por medios externos, y la espiral-bomba, junto con el aire comprimido, realizan el transporte. En el sistema F.L.S., el cemento se introduce en el recipiente por la corriente del aspirador, y la descarga se realiza mediante el compresor. No se conocen aún cifras generales del consumo de energía por este último procedimiento. Para la instalación de bombas, el consumo de energía puede calcularse comprendido entre 3 a 5 C.V. por t., para una altura de elevación de 30 m., con una longitud total de tubería de 150 ó 180 m.

El reciente desarrollo de la industria japonesa del cemento Portland.

En un trabajo de regular extensión, M. Mitsuzo Fujii trata de la situación actual de la industria japonesa del cemento, sobre la cual se han publicado ya diversos artículos en esta revista.* Los detalles que el lector todavía no conoce se refieren, por una parte, a la calidad del cemento japonés, caracterizada por las normas, y por otra parte, al desarrollo económico y a la organización estructural de la Industria.

Las primeras normas japonesas fueron declaradas obligatorias en 1905 por decreto del ministerio de Agricultura y Comercio. A partir de aquella fecha, esas normas han sido revisadas tres veces (1909, 1919, 1927). La Tabla I da un resumen del desarrollo de las prescripciones contenidas en las normas.

Las bajísimas resistencias prescritas hasta 1919 eran debidas al empleo que se exigía de la arena normal de Tokío, compuesta de granos de dos tamaños, y se obtenía triturando y tamizando cuarcita pura entre los tamices de 64, 144 y 225 mallas por cm². Una vez adoptada la arena normal de Soma (arena cuarzosa de grano único, separada entre los tamices de 64 y 144 mallas) se obtuvo una resistencia mucho más elevada, que por primera vez fué tenida en

* "Cement and Cement Manufacture," Vol. II, No. 7 (1929), págs. 204/205; Vol. III, No. 2 (1930), págs. 395/400.

TABLA I.

Fechas.	Peso específico.	Finura de molido.		Fraguado.			Estabilidad de volumen.
		Mallas por cm².	Residuo. %	Temperatura del local en °C.	Principio.	Fin.	
Feb. 1905 -	—	900	10	—	1 h	10 h	Ensayo sobre galletas, a la ebullición y sobre la plancha caliente.
Dic. 1909 -	—	900	5	—	1 h	10 h	Ensayo sobre galletas y a la ebullición.
Jun. 1919 -	3.05	900	3	—	1 h	10 h	Ensayo sobre galletas y a la ebullición.
Abr. 1927 -	3.05	4900	17	15—25	1 h	10 h	Ensayo sobre galletas y a la ebullición.

Fechas.	Resistencia a la tracción. kg/cm².			Resistencia a la compresión. kg cm².	Arena normal.	Análisis.		
	Pasta pura.	1 : 3				Pérdida al fuego.	MgO.	SO_3.
	1 + 6	1 + 6	1 + 27	1 · 27 días.		%	%	%
Feb. 1905 -	25	7	15	120	Tokío	—	3	2.0 ; 1.5 para obras marítimas
Dic. 1909 -	25	8	16	120	,,	—	3	,,
Jun. 1910 -	30	10	18	140	,,	5	5	2.5 ; 1.5 para obras marítimas
Abr. 1927 -	40	14	21	210	Soma	4	3	2.0

cuenta en las normas de abril de 1927. El resumen siguiente da una idea aproximada de la clase de la arena normal que ahora se emplea en el Japón, y de las resistencias que con ella se obtienen, en comparación con la arena normal alemana y norteamericana.

	Tracción.	Compresión.
Arena normal japonesa	100	100
Arena normal alemana	97.2	96
Arena normal norteamericana	103.8	107.2

Como, por ahora, no hay en el Japón ningún Laboratorio oficial donde puedan efectuarse los ensayos del cemento, para poder juzgar de la calidad efectiva de los cementos japoneses, hay que recurrir a las investigaciones de los miembros

de la Asociación Técnica Japonesa de Fabricantes de Cemento Portland. La tabla II da una idea aproximada de la elevación de calidad desde 1924.

Observemos como característica notable la dosis relativamente alta de sílice, la baja dosis de alúmina, y las elevadas resistencias actuales.

TABLA II.

Fecha de los ensayos.	Febr.—Junio 1924.	Enero 1928.
Número de cementos	31	28
Finura de molido (4900)	10.04 %	3.7 %
Peso específico :		
desecado al aire	3.121	3.144
calcinado	3.160	3.181
Tiempo de fraguado :		
Dosis de agua %	25.1	25.9
Principio	3 h. 49 min.	2 h. 53 min.
Fin	7 h. 09 min.	4 h. 34 min.
Temperatura del local en °C	16.6	20.0
Resistencia a la tracción, en kg/cm² :		
Pasta Pura, 1 + 6 días	64.9	76.4
Mortero de arena : 1 : 3 — 1 + 2 días	—	28.7
Mortero de arena : 1 : 3 — 1 + 6 días	24.7	33.1
Mortero de arena : 1 : 3 — 1 + 27 días	30.9	38.8
Resistencia a la compresión, en kg/cm²		
Mortero de arena : 1 : 3 — 1 + 2 días	—	322.0
Mortero de arena : 1 : 3 — 1 + 6 días	256.0	444.7
Mortero de arena : 1 : 3 — 1 + 27 días	355.0	562.8
Mortero de arena : 1 : 3 — 1 + 6 + 27 días	—	636.4
Temperatura del agua en °C	—	18.2
Arena normal	Soma	Soma
Análisis químico :		
Pérdida al fuego	1.42 %	1.09 %
Residuo insoluble	0.53 %	0.36 %
Sílice	22.30 %	22.09 %
Alúmina	6.77 %	5.66 %
Oxido de hierro	3.32 %	3.16 %
Cal	63.00 %	64.79 %
Magnesia	1.25 %	1.26 %
Anhídrido sulfúrico	1.27 %	1.23 %
Módulos :		
SiO_2/Al_2O_3	3.29	3.90
SiO_2/R_2O_3	2.21	2.50
Al_2O_3/Fe_2O_3	2.04	1.79
Módulo hidráulico	1.92	2.07

El hecho de que los cementos japoneses alcancen más del doble de las resistencias prescritas por las normas ha inducido a la mencionada Asociación a proponer en octubre de 1928 una nueva revisión de las Normas, a base de las siguientes modificaciones :—

(1) Finura de molido: 12% de residuo sobre el tamiz de 4900 mallas.

	Resistencias a los.	Resistencia a la tracción 1 : 3.	Resistencia a la compresión 1 : 3.
(2)	1 + 2 dias	15 kg/cm²	150 kg cm²
	1 + 6 ,,	20 kg/cm²	220 kg/cm²
	1 + 27 ,,	25 kg/cm²	300 kg cm²

Por lo que se refiere a la organización y desarrollo económico de la industria japonesa del cemento Portland, obedece a tres agrupaciones y a sus distintas misiones. Se trata de: (1) la Agrupación técnica de Fabricantes Japoneses de Cemento Portland; (2) la Asociación Japonesa del cemento Portland; (3) la Liga Japonesa del Cemento. La Agrupación técnica es una organización científica, a la que están asociadas casi todas las fábricas, y que existe desde 1909. La Agrupación ha fundado tres sub-comisiones (Comisión de normas, Comisión de la arena normal y Comisión del hormigón), que en las asambleas generales dan a conocer las comunicaciones y notas de los miembros o asociados. Las misiones más importantes de la Agrupación fueron la redacción de un método unificado de ensayos, y la del establecimiento de la actual arena normal.

La Asociación japonesa del cemento Portland, fundada en 1910, que en 1928 celebró en Osaka su 38ª Asamblea General, se ocupa, principalmente, en la propaganda en favor del empleo del cemento.

Casi todas las fábricas están afiliadas a la Liga japonesa del cemento. Es una organización de carácter puramente económico, que cada tres meses fija los cupos de producción. Gracias a esta organización "cartelística," cuyo arraigo en lo futuro es probable sea aún más sólido, se ha logrado llegar a una estabilización de precios, mejorando de este modo notablemente el resultado de la actividad de las Sociedades productoras.

Los principales mercados en el Japón son los de la Costa Oriental de aquel país. Las condiciones climatológicas son allí tan favorables, que las fluctuaciones del mercado, debidas a los cambios de estación, no se notan, ni de mucho, en el grado en que se dejan sentir en Europa y en Norteamérica. La Tabla III permite apreciar que tales fluctuaciones vienen a ser, en el Japón, de 6.5 a 9.5%, mientras que en Alemania varían del 3 al 12%, y en Norteamérica del 4.0 al 11.5%.

TABLA III.

	Japón.	Alemania.	Norteamérica. (Promedio de los últimos seis años.)
Enero	6.5 %	3 %	4.0 %
Febrero	6.5 %	5 %	4.2 %
Marzo	8.0 %	8 %	6.4 %
Abril	9.0 %	8 %	8.6 %
Mayo	9.0 %	10 %	10.3 %
Junio	8.5 %	10 %	10.8 %
Julio	8.5 %	12 %	11.1 %
Agosto	8.5 %	12 %	11.5 %
Septiembre	8.5 %	12 %	11.0 %
Octubre	9.5 %	12 %	10.6 %
Noviembre	9.5 %	5 %	7.2 %
Diciembre	8.0 %	3 %	4.5 %

Las cuotas correspondientes a los cupos se detallan en la Tabla IV.

TABLA IV.

	Cuota del máximo de limitación en %.	Cuota promedia en %.
Junio-Agosto 1928	32	27.6
Septiembre-Octubre	26	22.8
Noviembre	30	26.4
Diciembre-Febrero 1929	35	29.8
Marzo	33	30.0
Abril-Mayo	26	23.7

Como las cantidades de cemento exportadas son rebajadas del cupo nacional, se logra un grado de ocupación efectivo muy elevado, o, lo que es lo mismo: el aprovechamiento de la capacidad productora de las fábricas es muy perfecto. Así, el coeficiente de capacidad llegó a ser, en los últimos años:

	Número de fábricas.	Factor de capacidad (valor medio).
1925	26	83.1 %
1926	30	92.0 %
1927	30	92.5 %
1928	30	93.5 %

Hasta la fecha, se carece todavía de una estadística segura sobre la distribución del consumo del cemento en las diversas zonas en que se le emplea; pero pueden aceptarse las cifras siguientes, fundadas en los datos de que se dispone:

Ferrocarriles	13.9%
Centrales hidroeléctricas	10.3%
Obras de Puertos	3.0%
Carreteras, puentes	6.2%
Otras obras públicas	9.3%
Edificios públicos y construcción de casas . . .	23.6%
Minas	1.0%
Artículos de cemento	2.2%
Consumo particular	29.7%
Varios	0.8%

A pesar de que el Japón ocupa el cuarto lugar entre los países productores de cemento, su consumo por habitante es todavía relativamente bajo, en comparación con el de otros países, según se desprende del siguiente resumen:

Consumo anual de cemento por habitante.

Bélgica	2 barriles	Alemania	0.7 barriles
EE.UU. de Norteamérica. .	1.46 „	Italia	0.6 „
Dinamarca . .	1.0 „	Inglaterra . .	0.47 „
Noruega. . . .	0.8 „	Francia	0.43 „
		Japón	0.3 „

Este consumo, todavía escaso, es la mejor garantía de que el porvenir reserva un brillante desarrollo a la industria japonesa del cemento.

La industria polaca del cemento.

por ANTONI EIGER.

La industria polaca del cemento se ha desarrollado considerablemente desde el año 1910. Después de la gran guerra, había en Polonia 16 fábricas de cemento, la mayoría de las cuales estaba situada en la región sudoeste de la República, en la formación Cracovia-Vielon de greda jurásica, en las cercanías de la cuenca carbonífera de Dabrowa, Cracovia y Alta Silesia, como se ve en la Fig. 1 (véase pág. 695). Las fábricas Ros, Firley y Zdobunów, situadas en la región Este de Polonia, fueron parcial o totalmente destruídas durante la guerra, siendo después reconstruídas gradualmente, y volviendo a funcionar en 1923, 1926 y 1928 respectivamente.

El aumento de la capacidad de producción de las fábricas ha sido muy rápido. El progreso fué lento en los años de 1918-24, debido, a la guerra ruso-polaca y las dificultades financieras del nuevo Estado. Las ventas han aumentado desde menos de 200,000 toneladas al año en 1920 hasta 1,000,000 de toneladas en 1928. La capacidad de las fábricas ha aumentado desde unas 750,000 toneladas en 1919 hasta 1,000,000 en 1925, 1,250,000 en 1927, y 2,000,000 de toneladas en 1928.

La curva de capacidad corre casi paralela a la curva de demanda. El año 1929 acusa un gran aumento, porque los productores, animados por el buen mercado de 1928, emprendieron ampliaciones de sus fábricas, y fué también iniciada la construcción de una nueva fábrica de 150,000 toneladas de capacidad durante el año último. El consumo de cemento es relativamente muy pequeño, apenas excede de 30 kilos por habitante, mientras que en Alemania esta cifra es de unos 100 kgs., y en los Estados Unidos, de más de 200 kgs., de modo que hay gran margen para una demanda creciente.

Como resultado del gran desarrollo reciente de la industria, casi todas las fábricas de Polonia tienen equipo moderno. La proporción de producción en las fábricas no equipadas con hornos rotatorios ha descendido de 13.3% en 1920 a 3.9% en 1929. La proporción de producción obtenida con los distintos hornos es como sigue: hornos rotatorios (vía húmeda), 76%; hornos rotatorios (vía seca), 17.6%; hornos verticales automáticos, 2.5%; hornos verticales, 3.9%.

Las primeras materias son: caliza y arcilla, 74.0%; greda y arcilla, 13.5%; marga natural, 12.5%. La marga natural es empleada en tres fábricas, pero tiene que ser corregida con una pequeña dosis de greda o arcilla. Todas las fábricas usan carbón pulverizado para la combustión en los hornos.

La demanda insuficiente del mercado polaco ha obligado a los fabricantes polacos a buscar salida en el extranjero, pero tienen que luchar contra la posición geográfica del país. Como ya se ha dicho, la mayor parte de la producción del cemento en Polonia se halla en la región Sudoeste del país, que está a unos 650 kms. del mar. Otra dificultad que existió hasta hace poco

consistió en que había muy pocas líneas de navegación que saliesen de Dantzig y Gdynia, lo que quería decir que el cemento para el extranjero debía transportarse por ferrocarril, ser embarcado en Dantzig o Gdynia, y en muchos casos ser transbordado en Hamburgo o Amberes, de modo que el comercio con el extranjero resultaba casi imposible. Actualmente ha cambiado este estado de cosas, debido al gran crecimiento de Gdynia, que está ahora en comunicación mediante líneas directas con la India, América del Sur, los Estados Unidos, y el próximo Oriente, de modo que el cemento puede embarcarse directamente hasta dichos países. Otra gran ventaja consistirá en la apertura del ferrocarril del Báltico a la Alta Silesia, que se terminará en 1932.

Las siguientes cifras indican la exportación de cemento polaco. Los principales mercados son los Estados del Báltico, América del Sur, las Colonias del Estrecho y el próximo Oriente: 1924, 29,600 toneladas; 1925, 11,800 toneladas; 1926, 41,100 toneladas; 1927, 150,436 toneladas; 1928, 95,294 toneladas.

Las agrupaciones en la industria se han desarrollado rápidamente en los últimos tres años. En 1926, había dos grupos que ostentaban la propiedad de 45% de la producción total, mientras que el restante 55% quedaba repartido entre 13 compañías. En 1927, tres grupos poseían el 67%, estando el 33% restante en poder de 11 compañías. En 1928, los tres grupos aumentaron su producción a 85%, dejando 15% para ocho fábricas independientes. Finalmente, en 1929, dos grupos han controlado el 90% de la cifra total, y el restante 10% pertenece a cuatro compañías.

La venta de cemento, tanto para los mercados del Interior como para los extranjeros, está regularizada por la " Centrocement, Ltd.," de Varsovia, que actúa como único agente representante de todas las fábricas de Polonia. Una sección especial de la compañía Centro Cement lleva a efecto la propaganda de las aplicaciones del cemento, contribuyendo así a la ampliación del mercado local.

La Fig. 1 (véase pág. 695), es un mapa que indica la distribución de las fábricas de cemento en Polonia; la Fig. 2 (véase pág. 696), es una vista general de la fábrica de Rejowiec; en la Fig. 3 (véase pág. 697) se reproducen dos hornos de 72 m. por 3 m. y uno de 46 m. por 2.45 m. de la fábrica de Wysoka. La Fig. 4 (véase pág. 697) es una vista de un trabajo realizado de noche en una cantera polaca con la ayuda de un proyector.

Aviso.

Todos los artículos publicados en " Cement and Cement Manufacture " en cualquier idioma, son de absoluta propiedad, y no pueden reproducirse en otras revistas, ni en forma de catálogos, sin el permiso de los propietarios, Concrete Publications, Limited, 20, Dartmouth Street, Westminster, London, Inglaterra.

Revista Bibliográfica.

"**Guide pratique du chimiste dans l'industrie du ciment.**" Por Constantin Tsountas. Pp. 102. Paris: "Revue des Matériaux de Construction." Precio 20 fr.

Son tres las clases de lectores a quienes puede ser útil una guía de tal índole: primero, los químicos expertos que desean entrar en la industria del cemento y no tienen experiencia práctica de la fabricación; segundo, los ayudantes, no expertos todavía, de los químicos de fábricas, que aspiran a puestos de mayor responsabilidad; y tercero, los gerentes o directores de fábricas de cemento con escasos conocimientos químicos, que desean poseer suficiente caudal técnico para poder darse cuenta de si los químicos de la fábrica realizan un control acertado de la fabricación. El libro da métodos de análisis químico del cemento y sus primeras materias, incluso de la determinación de la cal. Se describen los ensayos cotidianos de la pasta y de los gases de la chimenea, y se incluyen los métodos para el ensayo de combustibles, lubricantes y aguas. No se da ninguna explicación acerca de lo que hace que sean buenos o malos los gases de la chimenea, los combustibles o los lubricantes, de modo que el lector inteligente se verá en último término obligado a buscar otros textos para poder interpretar los resultados obtenidos bajo la dirección de esta obra.

Se describe un procedimiento para determinar la aptitud de cocción de las mezclas de crudo de cemento, fijándose un patrón para distinguir las pastas o crudos buenos de los que no darán fácilmente resultados satisfactorios después de cocidos en el horno rotatorio. El método consiste en calentar un gramo de la mezcla cruda durante 30 minutos, a 950° C, y determinar la materia insoluble existente en el producto calcinado. Si ésta no excede de un 11%, pueden anticiparse buenos resultados en la práctica industrial; por encima de dicha cifra, la cocción resultaría difícil, y más allá de 12%, prácticamente imposible.

Deben presentarse objeciones al método descrito para la determinación de la cal libre en el cemento, puesto que se basa en el tratamiento del cemento con solución *acuosa* de azúcar.

La determinación del residuo insoluble en el cemento se propone por un método poco corriente, gelatinizándose deliberadamente lo sílice soluble, y efectuándose la subsiguiente disolución de esta sílice, mediante un lavado con solución de carbonato sódico sobre un papel de filtro. Un método más ortodoxo consiste en disolver el cemento de tal manera, que se evite la precipitación de la sílice, y hacer hervir el residuo en solución de carbonato sódico. El mismo proceso se recomienda para determinar el residuo insoluble en la caliza y en la marga, pero se hace difícil entender de qué puede servir tal determinación.

En el análisis de carbones, el cálculo de la dosis de humedad se prescribe hacerlo entre los 70 y los 80° C, sistema que ciertamente no conduce a gran precisión; el método normal de análisis de carbón, recomendado, por el Consejo de Investigación sobre Combustibles, fija una temperatura de 105 a 110° C para el ensayo de humedad.

Se dan buenos consejos a los químicos en asuntos tales como la inspección personal de la extracción de muestras, la notificación por escrito de los defectos de molturación y cocción, a las personas a quienes incumbe la responsabilidad de estos procesos, etc. El trabajo del químico de fábrica de cemento será inútil si no procura que se preste atención a sus recomendaciones.

S.G.S.P.

Falso tiempo de fraguado del cemento.

Hemos recibido la siguiente comunicación de Sr. Frederick Whitworth, de Bruselas:

Muy Señor mío—En contestación a la carta de W.T.W., publicada en el número de Agosto de Cement and Cement Manufacture acerca del falso tiempo de fraguado del cemento, a continuación doy el resultado de algunos experimentos que hice hace algún tiempo, y las conclusiones que de ellos deduje

Se realizaron los siguientes ensayos:

(1) Se tomó una muestra de un cemento normal, que no daba señales de falso fraguado, aunque se le amasase con rapidez extraordinaria. Se calentó esta muestra hasta 150° C. por espacio de media hora, condiciones que equivalen a las de un molino excesivamente caliente, y se obtuvo un falso fraguado inicial al cabo de diez minutos.

(2) Se molió una muestra de clinker en un pequeño molino experimental, dividiéndola en tres partes. Se realizaron los ensayos siguientes:

(*a*) Se amasó en las mismas condiciones en que había sido molido, produciéndose un fraguado rápido.

(*b*) La segunda porción se amasó después de agregar un 4% de piedra de yeso. Se obtuvo así un fraguado moderado, que para empezar requirió aproximadamente una hora y media (ensayo por la aguja de Vicat).

(*c*) La tercera porción se mezcló con 4% de piedra de yeso, calentándola por espacio de media hora hasta 150° C. Se produjo así un fraguado fragmentario, acusando algunas porciones un ligero falso fraguado, pero el conjunto de la muestra dió en general un fraguado moderado, como había ocurrido con la muestra (*b*).

De esto deduje lo siguiente: El llamado falso fraguado se debe a que una parte de la piedra de yeso fragua por separado, continuando el cemento, por su parte, el curso de su fraguado normal. Si el yeso está muy finamente molturado e íntimamente mezclado con el cemento, produce una especie de ligera "armazón interior" poco después del amasado. La mayor analogía que puedo ofrecer a esta estructura es la de una esponja empapada en agua: la esponja equivaldría a la armazón del yeso, y el agua a la del cemento. Si el yeso deshidratado no está íntimamente mezclado con el cemento, o si la molturación no es excesivamente fina, las partículas del yeso no pueden entrelazarse al fraguar, no pudiendo, por lo tanto, producir dicha estructura, o éste no tiene suficiente cohesión para ofrecer resistencia a la aguja de determinación del tiempo de fraguado.

Por estas razones, al realizar los experimentos, las condiciones deben aproximarse en todo lo posible a las existentes en los molinos molturadores en cuanto a tiempo, temperatura y amasado mecánico. De otra forma, los resultados obtenidos pueden ser muy desorientadores.

También parece que los cementos que acusan el mencionado falso fraguado contienen, sin embargo, suficiente cantidad de SO_3 disuelto para retardar el fraguado del cemento propiamente dicho. Una serie de ensayos realizados para averiguar la resistencia a la tracción de un cemento de esta índole demostró que no había ninguna diferencia entre un cemento amasado rápidamente y que se dejaba endurecer, y un cemento reamasado después de haber dejado desarrollar plenamente el falso fraguado. También se vió que un mortero de arena cemento 3:1 daba un falso fraguado, demostrando que la estructura "esponjosa" puede existir también en dicha mezcla. Y en realidad, dicha mezcla se parece aún más a la esponja embebida, siendo análogas las

partículas de arena a los agujeros grandes de la esponja, llenos de aire, en los que la tensión superficial es insuficiente para soportar la cantidad de agua.

En algunos de los casos citados por su corresponsal, parece posible que el falso fraguado fuese destruído durante el amasado. Supongo que ésto sucede con frecuencia, y es práctica mía habitual separar una pequeña porción de la pasta durante el amasado, y ponerla aparte para observarla durante el amasado de la porción principal.

Este asunto reviste alguna importancia, pues sé de casos en que ha sido rechazado un cemento que acusaba dicho falso fraguado, aunque su calidad era excelente y no se tropezó con dificultad alguna al emplearlo en la construcción.

Para terminar, deseo a Vdes. mucho éxito con su revista internacional, y puedo asegurarles, por lo observado en distintos países, que la revista de Vdes. es plenamente apreciada.

El horno rotatorio en la fabricación del cemento.—IV.

por W. GILBERT.

Mediciones del carbón y del clinker.

Examinando la columna 7 de la hoja de ensayo, se verá que el carbón bruto pesado durante el mismo, alcanzó la cifra de 282.8 toneladas. Para facilidad del cálculo, resulta conveniente expresar todas las cantidades de carbón en sus equivalentes de carbón "seco." En este caso se hará la transformación siguiente:—

	Toneladas
Carbón bruto pesado durante el ensayo	282.80
Humedad a deducir, 1.85%	5.20
Carbón seco pesado	277.60

Partidas a deducir.—Hay que deducir una pérdida de 5.58 toneladas de carbón, escapadas del secador en forma de materia volátil y polvo (trataremos más adelante de esta cuestión); un margen de 2.35 toneladas por el nivel más alto de carbón existente en la tolva de carbón en polvo al final del ensayo; y un margen calculado en 5.87 toneladas para el calentamiento del horno cada tres horas, después de los paros realizados para tomar los registros del desviador de carbón. Todas estas cantidades se calculan como "carbón seco," y alcazan un total de 13.80 toneladas; de ahí que la cifra exacta que deba tomarse para la cantidad de carbón seco empleado por el horno sea de $277.60 - 13.80 = 263.80$ toneladas.

Clinker producido.—El clinker total pesado, incluyendo la pasta desparramada al extremo de entrada del enfriador, fué de 928.9 toneladas. El tiempo efectivo de funcionamiento, tomado de la columna 2, fueron 133.3 horas; de aquí que la producción de clinker por hora sea igual a

$$\frac{928.9}{133.3} = 6.97 \text{ toneladas.}$$

Para las figs. 1-7, véase el número de enero; para las figs. 8-16, véase el número de marzo; para las figs. 17-20 y la hoja de ensayo, véase el número de abril.

Consumo del horno, expresado en carbón tipo (de 7000 calorías-kg.).—En la columna 12 se indica el valor calorífico promedio del carbón empleado, o sean 7500 calorías-kg. Por lo tanto:

el consumo del horno, expresado en carbón tipo, y en % del clinker, será:—

$$\frac{263.8}{928.9} \times \frac{7500}{7000} = 30.47$$

Mediciones del tiro.—Los promedios de las anotaciones, tomadas cada tres horas durante todo el ensayo, son:—

		Col. de agua.
(1)	En la caperuza del horno, frente al centro del horno ...	6.3 mm.
(2)	Dentro del horno, al extremo de los gases de salida ...	9.9 mm.
(3)	Frente al horno, al extremo de los gases de salida ...	15.2 mm.
(4)	En la base de la chimenea	35.7 mm.

La chimenea suministraba un tiro mayor del necesario, siendo las anotaciones promedias, a cada lado del registro del horno, de 30 mm. y 15.8 mm., respectivamente.

Mediciones de temperatura.—Los resultados promedios son los siguientes:—

		°C.
(4)	Aire que entraba en el enfriador	22
(5)	Aire que entraba desde el enfriador en la caperuza del horno	298
(6)	Zona de clinkerización, temperatura de la llama	1480
(7)	Zona de clinkerización, temperatura del material	1340
(8)	Clinker que salía del horno	1180
(9)	Clinker que salía del enfriador	148
(10)	Gases de escape al extremo de salido del horno	473
(11)	Gases de escape, en la base de la chimenea	310
(12)	Aire que entraba en el horno por el tubo del mechero del carbón	28

Las observaciones de las líneas 4, 9, 11 y 12 se tomaron cada tres horas; la de la línea 10 se hizo mediante un registrador continuo; las restantes anotaciones se hicieron durante el día, cuando resultaba oportuno.

La temperatura del aire que entraba en la caperuza del horno desde el enfriador (línea 5) fué medida por el pirómetro de aire caliente previamente descrito (fig. 10, pág. 424).

En la parte delantera de la caperuza del horno, cerca de la base, se empotraron tres tuberías ovaladas, de un paso interior de 90 × 64 mm. (fig. 18, pág. 564). Estas aberturas se emplearon tanto para las mediciones de la temperatura del aire como para las de la cantidad de aire que entraba en la base de la caperuza del horno desde la descarga del clinker. El pequeño espacio existente entre la base de la caperuza del horno y la plataforma del calcinador fué tapado con cemento.

Las cifras de las líneas 6 y 7 se tomaron mediante un pirómetro óptico, y se ha supuesto que eran exactas, pero para la línea 8, la temperatura del clinker que sale del horno, a causa de su situación más expuesta, al calor radiante, el pirómetro eléctrico registró, aparentemente, unos 85° C. de menos. Esta última corrección se determinó mediante un calorímetro de agua, usando un valor de 0.25 para el calor específico del clinker. Es, sin embargo, algo difícil, obtener la verdadera temperatura del clinker que sale del horno, cuando está en marcha, con un calorímetro de agua, y antes de que se obtuvieran

resultados que pudiesen considerarse aproximadamente exactos, tuvieron que realizarse varias tentativas.

El calorímetro consistía, en esencia, en un recipiente interno de cobre, que contenía agua, y un recipiente externo de plancha de hierro, con un espacio de aire intermedio de unos 18 mm. El recipiente exterior estaba recubierto de una gruesa capa de plancha de amianto, arrollada a su alrededor. Había dos tapas, y un tubo central que conducía al recipiente interior. El calorímetro, fijado al extremo de un tubo de hierro, entraba por la puerta delantera de la caperuza del horno, y con él se cogían unos cuantos terrones de la parte exterior de la descarga de clinker que salía del horno. No siempre resultó posible obtener una cantidad a propósito. Se retiraba rápidamente el calorímetro, trasladando apresuradamente el recipiente interno a otro recipiente exterior distinto, que no había sido calentado por la introducción dentro de la caperuza del horno. Se anotaba la elevación de temperatura del agua, obteniendo después el peso seco del clinker. Como valor del calor específico medio del clinker, en el intervalo de las temperaturas de 1200° C. a 15° C., se adoptó 0.25.

Resultó necesario pesar el agua del recipiente interno, antes y después del ensayo, ya que el clinker caliente hasta el rojo-blanco, que se ponía en contacto con el agua, producía cierta cantidad de vapor (ordinariamente de 1 a $1\frac{1}{2}$% del agua empleada) que se escapaba. Tenia que dejarse un margen para el calor latente de esta cantidad de vapor.

Habitualmente, todos los otros detalles que están relacionados con el balance térmico del enfriador se miden con mayor facilidad, y de estas cifras puede calcularse la temperatura del clinker que sale del horno, para un valor dado del calor específico.

Medidas de la cantidad de aire.

Para calcular la cantidad de aire que circula por una tubería o conducto, necesitamos saber: (*a*) la diferencia en columna de agua debida a la velocidad; (*b*) el área de la sección transversal donde se realizan las medidas; (*c*) la temperatura del aire; y (*d*), la altura barométrica, necesitándose una pequeña corrección a causa de las variaciones de esta última. El peso del caudal de aire, en kgs. por minuto, se obtiene de las cantidades arriba citadas, mediante el auxilio de la tabla I. La fórmula correspondiente a la tabla es

$$W = 0.605\ C \times a \times \sqrt{i} \times \sqrt{\frac{b}{30}}$$

La constante C, que tiene en cuenta la temperatura del aire, está tabulada para cada 27.7° C., y también se da la diferencia por cada de grado centígrado. La discusión detallada de este asunto puede hallarse en " The Measurement of Air Flow " (La medición del caudal de aire) por E. Ower, del Laboratorio Físico Nacional (Inglaterra).

La velocidad del aire, en distintas posiciones de la sección transversal de un tubo, dista mucho, a menudo, de ser uniforme; por consiguiente, suele ser recomendable hacer observaciones en distintos puntos a lo largo de dos diámetros que se crucen en ángulo recto, correspondiento los puntos, en cuanto sea posible, a secciones transversales de igual área. En los tubos de Pitot se suministran graduaciones adecuadas, a fin de que la profundidad de inmersión pueda graduarse mediante una referencia a la superficie exterior del tubo. Las mediciones de la velocidad del aire sería preferible que no se hicieran cerca de la desembocadura de un ventilador, o precisamente detrás de curvas o acodamientos bruscos de la tubería o conducto. Procurando que haya un trozo de uno o dos metros de canal paralelo, antes de la sección

transversal que se mide, la velocidad del aire tenderá a ser más uniforme de lo que sería de otra manera.

TABLA No. 1.

Medida del caudal de aire.

Relación entre el peso del aire que circula por minuto, la temperatura, y la depresión del nivel de agua debida a la velocidad.

Temperatura en °C.	Valor de C.	Diferencia por 1° C.
15.5	302.6	0.50
38	291.6	0.44
66	279.4	0.39
94	268.6	0.35
121	259.0	0.31
142	250.3	0.28
177	242.5	0.26
205	235.4	0.23
232	228.9	0.22
260	222.8	0.20
288	217.2	0.19
315	212.0	0.17
343	207.2	0.16
371	202.7	0.15
398	198.5	0.145
426	194.5	0.137
454	190.7	0.119
482	187.4	0.126
510	183.9	0.115
537	180.7	——

Observaciones.

W = peso del aire que ha circulado, en kgs. por minuto.

a = área de la tubería o conducto, en m^2.

i = nivel de agua debido a la velocidad, en cms.

b = altura barométrica, en mm. de mercurio.

C = constante tabulada para una escala de temperaturas del aire.

Tendremos que:

$$W = 0.605\, C \times a \times \sqrt{i} \times \sqrt{\frac{b}{30}}$$

La temperatura del aire debiera observarse inmediatamente después de medir la velocidad.

Aire que entra en el horno por la tubería del mechero del carbón.—Se realizaba la medición a unos 30 cm. de distancia, antes de la pieza del eyector que da entrada al carbón pulverizado en el tubo del mechero del carbón; por consiguiente, el aire estaba allí limpio de polvo. La altura de carga graduada por la velocidad se observaba mediante un tubo de Pitot N.P.L., de modelo ligero, y un nivel de agua corriente de tubo en U. Las cifras necesarias son:

área de la sección transversal (=a) de la tubería de 15 cm. de diámetro ... ... = 0.0182 m^2
nivel de agua debido a la velocidad=i ... ... = 3.0734 cm.
temperatura del aire=t ... ... = 28.3°C
barómetro=b ... ... = 769.6 mm.

Para averiguar C, con una temperatura del aire de 28.3°C, mediante la tabla I:

Valor de C para t=15.5° C ... ... =302.6
Menos 12.8° × 0.50 ... ... = 6.3

Resulta para C 296.3

y

$$W = 0.605 \times 296.3 \times 0.0182 \times \sqrt{3.0734} \times \sqrt{\frac{769.6}{30}} = 29.1 \text{ kgs. por minuto.}$$

Aire que entra en el base de la caperuza del horno.—La sección transversal donde se midió la velocidad del aire, se reproduce en la fig. 18 (pág 564). Se hicieron tres lecturas a distancias adecuadas, a través de cada una de las aberturas del dispositivo de tubos de Pitot, como se ve en la fig. 12, estando vuelto hacia abajo el tubo de velocidad. Las medidas se hicieron mediante el nivel de agua ajustable, ya que la altura de carga producida por la velocidad era inferior a 1.8 cm. Las cifras esenciales eran:

Área de la sección transversal en las aberturas de aforo (=a)	=1.69 m².
Altura de carga media del agua, debida a la velocidad (=i)	=0.12 cm.
Temperatura del aire (=t)	=298.4° C.
Barómetro (=b)	=772.16 mm.

para hallar C, de la tabla I:

Valor de C para t=288° C	=217.2
Menos 10.4×0.19	= 2.0
Por consiguiente C	=215.2

y

$$W = 0.605 \times 215.2 \times 1.69 \times \sqrt{0.12} \times \sqrt{\frac{772.16}{30}} = 395.3 \text{ kgs. por minuto.}$$

La altura media de carga, debida a la velocidad, ha sido dada para mayor claridad, pero en la práctica se suele tomar la raíz cuadrada de cada carga de velocidad, y hallar su promedio para formar así el valor medio de $\sqrt{i}$.

La carga estática (en columna de agua, depresión o presión) en la sección transversal, se observa con el nivel de agua ajustable, desmontando en la cabeza del trípode la conexión que comunica con el tubo acodado, dejando solamente conectado el tubo estático B (fig. 11). El valor promedio en esta ocasión fué solamente de 0.711 cm.

Enfriador del aire que pasa.—Es corriente hacer esta medida con un anemómetro del tipo de molino de viento, puesto que la velocidad del aire suele ser demasiado baja para dar una anotación medible en un nivel de agua ajustable del modelo fuerte. El diámetro del enfriador en su extremo interior es de 1.67 m., dando un área de sección transversal de 2.2 m². Hay un pequeño espacio en el extremo del enfriador, despejado, fuera de los conductos de descarga, en el cual se ponía el anemómetro. Esta observación se realizó varias veces al dia, y se encontró que la velocidad media del aire a la entrada del enfriador era de 129 m. por minuto. El volumen de aire, a 22.5° C, es de 0.833 m³ por kg. Por lo tanto:

$$W = \text{kgs. por minuto} = \frac{129 \times 2.2}{0.833} = 340.$$

La observación resulta un tanto incómoda de hacer, a causa del polvo procedente del clinker que cae. La velocidad del aire a la entrada del enfriador suele ser irregular, y el anemómetro se mueve sobre la sección transversal, a fin de obtener una velocidad media.

De las dos mediciones anteriores del aire, obtenemos que:

	kgs. por minuto.
aire que entra en la base de la caperuza del horno ...	395
aire que entra en el enfriador	340
Diferencia	55

Esta diferencia, suponiendo que las mediciones se han realizado con exactitud, debe representar infiltración de aire alrededor del extremo caliente del enfriador, y alguna infiltración de aire a través de la obra de ladrillo, hasta la descarga del clinker. El aire que entra en dicha descarga de clinker por infiltración alrededor del extremo del enfriador (fig. 18, abril no.) no podía medirse convenientemente, a causa de la radiación de la cubierta del horno y del clinker al rojo que se derramaba.

Infiltración de aire alrededor del extremo caliente del horno.—La fig. 21 (pág. 703) reproduce un diagrama del anillo de cierre de la caperuza del horno. Una llanta de soporte está colocada a una distancia de 2.35 m. del extremo del horno; y éste era también de construcción muy rígida, y no se deformaba mucho al funcionar. Por consiguiente, fué posible colocar el anillo de cierre bastante cerca del perímetro del horno. Se midió el intersticio en ocho posiciones, y se vió que la anchura media era de 6.8 mm. El aire admitido era aspirado por la depresión existente en la caperuza del horno, y de la fig. 21 (pág. 703) se desprende que la mayoría de la depresión debida a la velocidad se empleaba en dar al aire la velocidad inicial con que entrava por la brecha existente entre el borde del anillo de cierre y la cubierta del horno.

El área total de dicho intersticio, que es un anillo de un diámetro de 2.28 m., es de

$$2.28 \times \pi \times 0.0068 = 0.049 \text{ m}^2.$$

El aire que entra tiene que dar una vuelta muy brusca alrededor del borde del anillo de cierre, teniendo lugar una contracción del chorro. Para un orificio de borde delgado, de una plancha circular, la contracción es aproximadamente 0.63 del área total, pero en este caso las condiciones son diferentes, porque la contracción tiene lugar en una sola arista. Se ha admitido un valor de 0.80, reduciendo así la superficie de la infiltración real a 0.039 m².

Las demás condiciones son:

Tiro en la caperuza del horno = i	= 0.63 cm.
Temperatura del aire entrante = t	= 21.1° C
Barómetro = b	= 769.6 mm.
Valor de C., en la tabla	= 299.8

Y de aquí, mediante la fórmula:

$$W = 0.605 \times 299.8 \times 0.039 \times \sqrt{0.63} \times \sqrt{\frac{769.6}{30}} = 29 \text{ kgs. por minuto.}$$

Cantidad total del aire que entra en el horno.—Podemos resumirla ahora como sigue:

	kgs.
Por el tubo del mechero del carbón	29
Por la infiltración en el horno a través del anillo de cierre de la caperuza	29
Por el enfriador	340
Por la infiltración en el conducto de descarga del clinker (por diferencia)	55
Total	453

Esta cifra total indicada puede aceptarse de momento, y más tarde será comparada con otra estimación obtenida del peso del carbón quemado por minuto y de los análisis del carbón y gases de escape.

Fig. 21 (pág. 703) anillo de cierre de la caperuza del horno; fig. 20 (pág. 565) hoja de registro de la marcha del horno (de las 12 h. de un día a la misma hora del día siguiente); Figs. 18 y 19 (pág. 564) conducto de descarga del clinker y extremo del enfriador, dos vistas; A extremo del horno; B caperuza del horno; C conducto de descarga del clinker (de ladrillos refractarios); D borde saliente; E extremo del enfriador; F aberturas de aforo frente a la caperuza del horno; fig. 17 (pág. 562) plano esquemático de la fábrica, A almacén de carbón; B rodillos de carbón; C elevador; D secador del carbón con su hogar; E elevador; F kominor; G refinos tubulares; H elevador; I tolva para carbón pulverizado; J horno rotatorio; K enfriador; L cámara de polvo; M registro del horno; N chimenea para el secador de carbón; figs. 14, 15 y 16 (pág. 428) tres vistas del nivel ajustable de agua. A_1, A_2 recipientes de vidrio para agua; B tubo de comunicación de vidrio; C llave de cierre; D_1, D_2 corchos que sostienen las varillas de los recipientes de vidrio; E marco superior de hierro; F marco inferior de hierro; G_1, G_2 soportes del marco superior; H rueda micrométrica, con 50 divisiones; I tornillo micrométrico, de un paso de 2.50 mm.; J escala vertical dividida en décimas de pulgada; K resorte de tensión; L microscopio provisto de reticulo con hilos cruzados; M soporte del microscopio; N dispositivo para sostener el espejo; O soporte del trípode; P_1, P_2 tubos ligeros de caucho; Q_1, Q_2 conexiones para el tubo de presión de caucho, de 1.27 cm., que conduce a los tubos de Pitot.

(Continuará.)

Cemento importado en el Reino Unido.

A PARTIR del 17 de marzo de 1930, todo el cemento Portland importado en el Reino Unido debe llevar marcado el nombre del país de su procedencia. La Orden Estatutoria del Consejo de Comercio que regula la importación del cemento dice lo siguiente: " No será legal la venta, ni exposición a la venta, en el Reino Unido (a partir del 17 de marzo de 1930), de ningún cemento Portland importado si no lleva una indicación de su origen.

" La indicación de origen irá impresa o estampada, calcada, o de cualquier otro modo pintada o marcada sobre todo saco, bolsa, barril u otra clase cualquiera de envase en que se venda o exponga a la venta el cemento Portland.

" Los géneros a que se aplica esta parte de esta Orden llevarán la indicación de origen prevista por la misma, al ser expuestos a la venta al por mayor, solamente si la persona que de esta manera expusiera los géneros ne fuese un mayorista.

" Ningún punto de esta Orden exige que los géneros a que se aplica esta parte lleven indicación alguna de su origen al tiempo de su importación."

Una fábrica Neo-Zelandesa de cemento.

La nueva fábrica de la Milburn Lime and Cement Co., Ltd., de Burnside, cerca de Dunedin, en Nueva Zelanda, ha sido inaugurada oficialmente el 11 de marzo de 1929. En esta fábrica (por Edgar Allen & Co., Ltd.) pueden producirse semanalmente 1000 toneladas de cemento.

Las primeras materias son caliza y marga. Al mismo tiempo que se bomba la pasta, un aparato de sacudidas colocado al pie de la tolva de caliza vacía dicho receptáculo en los cangilones de un elevador de cadena sin fin, que lleva la piedra a un silo de 600 toneladas de capacidad, contiguo al silo de pasta y próximo al primer molino combinado.

Desde el silo, la caliza va, por un transportador de correa, a una mesa giratoria, que con ella alimenta automáticamente un molino combinado en el cual tiene lugar la primera trituración. La pasta es conducida al molino por una rueda agitadora y va fluyendo en el molino, junto con la debida dosis de agua, al propio tiempo que la piedra.

El molino combinado, accionado por un motor de 450 C.V., es de tipo rotatorio, de 11 m. de largo por unos 2 m. de diámetro. En su primer compartimiento, se machaca la piedra con bolas de acero forjado. A medida que se va efectuando la molturación, el material pasa al siguiente compartimiento intermedio del molino, donde es molido por bolas más pequeñas. El proceso queda completo cuando el material pasa al tercer compartimiento, en el cual la molturación es efectuada por una carga de bolas de acero fundido muy pequeñas. Del molino combinado, la mezcla de piedra y marga es enviada por una bomba a tres depósitos de corrección, de una capacidad de 360 toneladas cada uno. Se evita la sedimentación mediante una agitación efectuada por aire comprimido.

El horno rotatorio tiene 61 m. de largo y 2.70 de diámetro. Está colocado con una inclinación de 1/24 sobre la horizontal, y va accionado por un motor de 50 C.V.

Un aparato de sacudidas alimenta el transportador, que lleva el clinker a las mesas automáticas de alimentación. En este punto del proceso se agrega al clinker 2% de yeso de Australia. El molino es de dimensiones similares a las del ya descrito, y está accionado por un motor de 450 C.V. El cemento se almacena en 20 silos de 200 toneladas, desde donde un sistema de transportadores de tornillo lo lleva a la máquina ensacadora, que tiene un rendimiento de 25 toneladas por hora.

Se ha previsto la duplicación de cada una de las secciones de la fábrica tan pronto como la demanda del producto se desarrolle lo bastante para hacer necesaria tal medida.

La instalación eléctrica comprende 32 motores que desarrollan un total de 2,100 C.V. Dos de estos motores son instalaciones de 450 C.V., cada uno a 6,600 volts. La Compañia recibe la totalidad de su energía a 6,600 volts y la transforma a 400 volts. La instalación comprende dos motores síncronos que equilibran el factor de potencia de la fábrica.

Fig. 1 (véase la pág. 708) Vista general de la fábrica.

Fig. 2 (véase la pág. 709) Molinos de acabado durante su montaje.

NOTA DEL EDITOR.

El Editor de "Cement and Cement Manufacture" Internacional invita a los lectores de esta Revista a enviar artículos para su publicación. El original puede estar en español, inglés, francés o alemán, y será traducido a los otros tres idiomas por traductores especialistas.

Todos estos artículos deben dirigirse a: The Editor, "Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, Inglaterra, por correo certificado.

666.05
CEMA

UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY-CHEMISTRY

VOLUME 3. NUMBER 6. JUNE 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE

THE INTERNATIONAL FOUR-LANGUAGE CEMENT JOURNAL

MANAGING EDITOR: H. L. CHILDE. CONSULTING TECHNICAL EDITOR S. G. S. PANISSET.

ENGLISH SECTION

PUBLISHED BY CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Published on the 20th of each Month. Price 2s. a copy. Annual Subscription 24s. post free.

PARTIE FRANÇAISE .. .. .. PAGE 841
DEUTSCHER TEIL .. .. SEITE 865
SECCIÓN ESPAÑOLA .. .. .. PÁG 889

Some Writers on Cement.

Mr. Charles Spackman possesses a unique library of cement literature, and he shares this treasure with his readers* by giving a brief summary of the contents of each volume and pamphlet, emphasising and detailing any specially interesting items, and more particularly those which are in the nature of landmarks in the history of cement and its progenitor, lime. The result is a record of great interest to the cement manufacturer, and one invaluable to the student of cement because he has here an amplified bibliography which, with some discernment, he can use to select the publications needed for his purpose. The manufacturer can use the book to discover whether he has missed any contribution to cement literature in a language other than his own, and it will also reveal to him the painfully slow progress that has been made in some directions.

For examples, Vitruvius, who lived in the early years of the Christian era, wrote of the value of both natural and artificial (ground brick or tile) pozzolanic materials for use with lime, and it might well be asked how far we have advanced in 1900 years in the scientific application of this discovery. It is startling to find that for lighthouse building in 1808, pozzolana was so highly valued that as much as £15 per ton was paid for it. The deliberate

* "Some Writers on Lime and Cement, from Cato to the Present Time." By Charles Spackman. Cambridge: Heffer. Price 15s.

production of pozzolana by burning shale—as distinguished from the use of crushed brick or tile—dates from 1778.

A pamphlet published in 1774 has for its title, " A practical essay . . . . on Artificial Stone . . . . for the formation of . . . . ornaments of architecture." Probably few of the makers of concrete products realise that their industry dates so far back as this. The proportioning of concrete based on measurement of voids was propounded by George Semple, a Dublin architect, in a book published in 1776.

An interesting note is concerned with the erroneous idea, dating from earliest times, that good lime could only be obtained from a *hard* limestone. Smeaton, of Eddystone fame, discovered that the strongest limes were those obtained from the grey (lower) chalk, but it was necessary to describe such lime as " grey*stone* " in order to ensure its introduction to the market. The description persists to this day.

The name of de Morveau, a French chemist born in 1737, emerges as being prior to Vicat in the invention of artificial hydraulic lime or cement by burning a finely-ground mixture of carbonate of lime, clay and manganese oxide. De Morveau fell into the error of attributing the strength of the product to manganese.

An early reference, giving the germ of the idea of a concrete mixer, is by one Daudin, who describes a vertical pug mill for mortar mixing in a book published in 1808: the cost of the machine is given as 700 to 800 francs, which, it was claimed, would not only be repaid by four months' use, but would produce a better mortar.

An amusing item comes from a book by Fleuret in 1807, that the vapour from slaking lime stimulates the appetite, and should therefore be retained in the lime for the purpose of assisting induration!

It is illuminating to find that the advice so frequently necessary nowadays to avoid the use of excess water and to soak stones and bricks before applying the mortar was already in print a century ago.

It would be possible to continue quoting at length from the items of human and technical interest with which the book abounds. One can follow the genesis and development of many of the ideas which are considered modern, but there is nothing new under the sun, and concrete bridges, houses, and pipes are not the offspring of the twentieth century, as might be thought. This is a book that can be read almost at a sitting, and then taken up again with interest. The amount of literature on British cement research is seen to be small, and it is therefore all the more necessary to call attention to one mistake which attributes a pamphlet on the setting of cement to the Portland Cement Association instead of the British Portland Cement Research Association.

—S. G. S. P.

Franco-Moroccan Cement Company.

We are informed that the works which are being erected at Casablanca by S. A. Poliet-Chausson-Maroc should be in operation by 1931 with an estimated yearly capacity of 75,000 tons. Morocco's production will then be about 155,000 tons per annum, against a consumption of 250,000 tons per annum.

Henry Le Chatelier.

The following notes on the work of M. Henry Le Chatelier have been sent to us by Dr. E. Rengade, head of the Central Laboratory of the S.A. des Chaux et Ciments de Lafarge et du Teil. Biographical notes on M. Le Chatelier appeared in the January number of "Cement and Cement Manufacture," and these additional notes on the career of the famous French savant, who is now in his eighty-first year, should be of interest to our readers.

"Henry Le Chatelier entered the École Polytechnique in 1869, and in 1877 was appointed Professor of Chemistry at the Paris School of Mines. In 1881 he wrote his degree thesis for the doctorate on the 'Constitution of Hydraulic Mortars.' At the same time he carried out extensive research in collaboration with Mallard into the inflammability of gaseous mixtures and into the specific heat of gases at high temperatures. Some months later, in 1888, he published his 'Research into Chemical Equilibria,' another excellent work on physical chemistry.

"In 1898, at the Collège de France, he began a scientific study of various industrial problems, particularly those relating to metallic alloys and the measurement of high temperatures, and carried out many important experiments. He was appointed Professor at the Sorbonne in 1907 after the death of Moissan; his first year's course of lectures has been collected, and published as 'Lectures on Carbon.' In 1908 he was elected a member of the Académie des Sciences.

"Le Chatelier's research work covers a very wide field, and only the most important subjects of study can be touched upon here. In theoretical research he has gone deeply into the fundamental principles of power production. He has made a constant study of the principles of thermo-dynamics and of their application to chemistry, which has enabled him to establish his important law of displacement of equilibrium.

"In 1899 he translated into French and annotated and extended the then unknown work of Williard Gibbs on the law of phases, which has now become the vade mecum for the student of chemical equilibria. His investigations into the laws of radiation gave him the means of constructing his optical pyrometer, the principle of which is still used in the most modern apparatus.

"Le Chatelier has done much experimenting with metallic alloys regarding fusing, electrical conductivity, expansion and micrography. Not content to study alone, he enlisted an army of students many of whom are now lecturers, and founded a paper dealing specially with the study and use of metals, called 'La Revue de Metallurgie.' His metallographic microscope is in use everywhere and so is the 'Saladin-Le Chatelier' double galvanometer for determining critical temperatures. In thermo-electric research Le Chatelier is famous not only for inventing the optical pyrometer, but also for the platinum—platinum rhodium thermo-electric couple.

"Le Chatelier is always occupied with the practical application of his discoveries, declaring and showing by his enthusiastic work that science should not be barren but should endeavour to improve the standard of life and human happiness. To this end he has studied the inflammability of gaseous mixtures, the specific heat of gases at high temperatures, fire-damp and explosives, industrial heating, and the uses of silicates, *i.e.*, ceramics, glass-ware and hydraulic cementing materials.

"It is the last mentioned of these that will principally interest readers of Cement and Cement Manufacture: he took the subject for his thesis in 1881,

which is undoubtedly the most important report ever written on it, and the conclusions of which are being continually confirmed by modern discoveries. From 1881 until to-day Henry Le Chatelier has not ceased to interest himself in cement, and has written many treatises on the theory of the setting, hardening and slaking of cement and limes, and on their expansion and disintegration by sea water and sulphates. Aluminous cements, too, have come within the scope of his work.

"I must mention in closing that this savant has made himself the French apostle of rationalisation of industry."

New Spanish Specifications for Cements.

The following abstracts are taken from the latest Spanish specifications for cements, approved on February 25th, 1930. They are valid for all cements produced in or imported into Spain, and cancel all previous specifications for cements:—

Portland Cement.

Definition.—Portland cement is the product, reduced to fine powder, obtained by calcining to incipient fusion an intimate, artificial and properly-proportioned mixture of calcareous and argillaceous materials, with no other addition than gypsum, in no greater quantity than 3 per cent.

Chemical Composition.—The weight of insoluble residue shall not exceed 1.5 per cent. The gelatinous silica shall not be considered as insoluble. The ratio (by weight) between lime and the total content of silica, alumina and iron oxide shall be between 1.8 and 2.3.

The ratio (by weight) of silica to alumina shall not be less than 2.5. The quantities (by weight) of magnesia and sulphuric anhydride shall not exceed 5 per cent. and 2.5 per cent., respectively; the total of both these constituents shall not exceed 6.5 per cent.

The total sulphur content shall not exceed 1.25 per cent.

The quantity of water in the cement shall not exceed 2 per cent. by weight, and the loss on ignition shall not exceed 4 per cent.

The sampling and despatch of samples to the official laboratory shall take place within fifteen days of the date of delivery.

Test for Fineness.—The maximum residues by weight shall be as follows:

On a 900 mesh per square centimetre sieve (No. 76 English sieve) 1 per cent.

On a 4,900 mesh per square centimetre sieve (No. 180 English sieve) 16 per cent.

Specific Gravity.—The specific gravity of the dried cement shall not be less than 3.05.

Setting Time.—The initial setting time of neat cement paste of normal consistency shall not be less than 45 minutes reckoned from the time of mixing, and the final setting time not more than 12 hours.

Soundness.—The neat cement paste of normal consistency shall have a constant volume. This property shall be checked by examination of pats stored in air, under fresh water, and submitted to the boiling water test.

Strengths.—The minimum tensile strength of mortar briquettes, composed of one part cement and three parts standard sand by weight, shall be the following:

At 7 days: 1 day in moist air, 6 days in fresh water, 272 lbs. per sq. in.
At 28 days: 1 in moist air, 27 days in fresh water, 335 lbs. per sq. in.

The minimum compressive strength of mortar cubes, composed of one part cement and three parts standard sand by weight, shall be the following:

At 7 days: 1 day in moist air, 6 days in fresh water, 2,720 lbs. per sq. in.
At 28 days: 1 day in moist air, 27 days in fresh water, 4,000 lbs. per sq. in.

Aluminous Cement.

Definition.—Aluminous cement is obtained by burning an intimate mixture having as essential elements bauxite and lime carbonate, provided the alumina content in the resulting product shall not be less than 40 per cent. and that of iron oxide not over 12 per cent.

Fineness of Grinding.—The residue shall be less than 0.5 per cent. on the No. 76 sieve, and less than 6 per cent. on the 180 sieve.

Specific Gravity.—The specific gravity shall exceed 3.05.

Setting Time.—The cement shall not acquire its initial set in less than 30 minutes, and must have acquired its final set within four hours from the time of mixing.

Soundness.—Pats of neat cement paste, with a water content determined by previous tests, shall not show superficial cracks after setting.

Strengths.—Eight-shaped briquettes of neat cement paste shall develop an average tensile strength, in a series of six briquettes, not lower than 400 lbs. per sq. in. after 24 hours, and 850 lbs. per sq. in. at 3 days.

8-in. cubes made with fine gravel (between $\frac{3}{8}$ in. and $\frac{3}{4}$ in.) and silicious sand of 0.04 to 0.06 in., mixed in the proportion of 30 cu. ft. of fine gravel, 14 cu. ft. of sand, 660 lbs. of cement, and $28\frac{1}{2}$ gallons of water, rammed with 30 strokes of a 3.3 lbs. hammer falling 8 in. shall give compressive strengths higher than the following:

At 24 hours: 3,150 lbs. per sq. in.
At 28 days: 3,270 lbs. per sq. in.

Rapid Hardening Portland Cement.

Definition.—Rapid hardening Portland cement is a high early-strength cement consisting of the essential elements of Portland cement in quantities that may vary from those of the latter material, provided the content of sulphur, magnesia and sulphuric anhydride shall not exceed the limits admitted for Portland cement, and that additions shall not exceed 6 per cent.

Fineness of Grinding.—These cements shall leave a residue of not more than 0.5 per cent. on the No. 76 sieve, and 6 per cent. on the 180 sieve.

Specific Gravity.—The specific gravity shall exceed 3.05.

Setting Time.—The cement shall not acquire its initial set in less than 30 minutes, and must have acquired its final set within ten hours from the time of mixing.

Soundness.—Normal neat cement paste shall have a constant volume, and this quality shall be checked on pats dried in air and submitted to the boiling water test.

Strengths.—With 1 : 3 mortars, made with silicious sand from 0.04 to 0.06 in., the tensile strength shall reach the following figures:

At 3 days: 355 lbs. per sq. in.
At 7 days: 425 ,, ,, ,, ,,
At 28 days: 540 ,, ,, ,, ,,

Compressive strengths shall be as follows:

At 3 days: 3,550 lbs. per sq. in.
At 7 days: 5,000 ,, ,, ,, ,,
At 28 days: 6,400 ,, ,, ,, ,,

Concrete will be tested on 8-in. cubes made in the proportions of 14 cu. ft. of silicious sand from 0.04 to 0.06 in., 30 cu. ft. of fine gravel from $\frac{3}{8}$ to $\frac{3}{4}$ in., $28\frac{1}{2}$ gallons of water, and 660 lbs. of cement, after ramming the mass with an 11-lb. hammer falling from a height of 8 in. on a plate covering the test piece. After 20 strokes of the hammer the concrete shall possess the following strengths: At 2 days: 2,550 lbs. per sq. in.; at 7 days: 3,275 lbs. per sq. in.

Slag Cements.

Definition.—Slag cement is a hydraulic product, obtained by grinding granulated blast furnace slag with at least 15 per cent. (by weight) of Portland cement clinker, both these products being ground simultaneously in order to obtain an intimate mixture. The ratio between the integrating elements shall fulfil the following condition:

$$\frac{CaO + MgO}{SiO_2 + \frac{1}{3} Al_2O_3} > 1$$

The additions for regulating the time of setting shall not exceed 3 per cent. by weight.

Fineness of Grinding.—The residue left on the No. 76 sieve shall be less than 1 per cent., and on the No. 180 sieve less than 12 per cent.

Specific Gravity.—The specific gravity shall exceed 3.05.

Setting Time.—The cement shall not acquire its initial set in less than one hour, and must have acquired its final set within twelve hours from the mixing moment.

Soundness.—The soundness test is the same as for Portland cement, namely, with normal paste, there shall be formed on clean glass plates three pats of about 4 in. diameter, $\frac{5}{8}$ in. thick in the centre diminishing to feather edges. One of these pats shall be cured in moist air, the second immersed in fresh water after 24 hours, and the third submitted to the boiling water test, raising its temperature to 212 deg. F. in the space of half an hour, and maintaining this heat for two and a half hours.

The first two pats shall be tested at 7 and 28 days, and all deformations that may appear must be recorded. When the boiling water test is satisfactory the cement shall be considered sound; in cases where it is unsatisfactory the cement shall not be finally rejected until it has been subjected to the cold test, which shall be decisive.

During the making and curing of the pats, air and water temperatures shall be maintained between 59 and 64 deg. Fahr., the atmosphere shall be damp, and there shall be no air draughts.

Strengths.—The tensile strength of 1 : 3 mortars shall exceed 240 lbs. per sq. in. at 7 days and 285 lbs. per sq. in. at 28 days.

For compressive strengths, 1 : 3 mortars shall withstand a pressure of 2,400 lbs. per sq. in. at 7 days and 3,000 lbs. per sq. in. at 28 days.

Puzzolanic Cements.

Definition.—Puzzolanic cement is the cement formed by the addition of a puzzolana to Portland cement.

Puzzolana.—For the purpose of these specifications " puzzolana " is considered as any product, natural or artificial, that, mixed with white lime, will form cementing compounds.

Fineness of Grinding.—Puzzolanic cement shall possess the same degree of fineness as Portland cement.

Soundness.—Puzzolanic cement shall fulfil the conditions contained in these specifications for Portland cement.

Strengths.—The strengths shall be at least equal to those of Portland cement less 20 per cent. The amount of free lime in the cement shall be measured, and it must diminish gradually so that after a month less than 30 per cent. remains.

Zumaya Cements.

Definition.—Zumaya cement is a natural quick setting cement resulting from the burning of marls without any addition of other raw materials before calcining. Zumaya cement is obtained by calcining marls of the following composition:

Silica	17.5 to 23 per cent.
Iron Oxide	1.5 to 3 ,, ,,
Alumina	6.5 to 11 ,, ,,
Lime	33.5 to 37 ,, ,,
Magnesia	0.0 to 1.5 ,, ,,

These marls are calcined together with lignites added to the raw material in the proportion of 660 to 770 lbs. per ton of cement produced, the composition of the fuel being as follows:

Proximate Analysis.

Moisture	2.30 to 5.50 per cent.
Volatile materials	6.00 to 13.0 ,, ,,
Ash	66.00 to 71.0 ,, ,,
Fixed carbon	15.00 to 21.0 ,, ,,
Heating power	2,500 to 3,000 B.T.U. per lb.

Ultimate Analysis.

Fixed carbon	15 to 21 per cent.
Hydrogen	1 to 1.5 ,, ,,
Nitrogen	0 to 1.0 ,, ,,
Sulphur	0 to 3.8 ,, ,,
Oxygen	4.5 to 6.0 ,, ,,

The lignites used as fuel add puzzolanic ashes of the following composition:

Silica	45.0 to 58.0 per cent.
Alumina	20.0 to 30.0 ,, ,,
Iron Oxide	0.0 to 13.0 ,, ,,
Lime	5.0 to 8.0 ,, ,,
Magnesia	0.0 to 1.75 ,, ,,
Other alkalies	0.0 to 2.00 ,, ,,
Sulphuric anhydride	5.0 per cent.

Chemical Analysis.—Zumaya cement shall not contain more than 3.5 per cent. of sulphuric anhydride, nor a magnesia content higher than 1.5 per cent., and the ignition loss shall not exceed 10 per cent.

Setting Time and Soundness.—The setting of Zumaya cement shall start at from 3 to 15 minutes, and shall end at from 5 to 25 minutes. This cement shall be submitted to the same cold tests as Portland cement to determine its soundness, and it shall not show any variation during a period of seven days.

Fineness of Grinding.—On a No. 46 sieve Zumaya cement shall leave a residue less than 4 per cent. On a No. 76 sieve the residue shall be less than 17 per cent. On a No. 180 sieve the residue shall not exceed 34 per cent.

Strengths.—Test pieces, both for tensile and compressive tests, shall be of the usual dimensions as used for Portland cement, but only normal neat paste mixed with 50 per cent. of water shall be used. Test pieces shall be air-cured during the first day and then immersed in fresh water and submitted to the same temperature, pressure, and moisture conditions as used for Portland cement. Tests shall only be made at 7 and 28 days.

Minimum Tensile Strengths.—*Air Curing.*—At 7 days: 114 lbs. per sq. in.; at 28 days: 142 lbs. per sq. in.

Water Curing.—At 7 days: 86 lbs. per sq. in.; at 28 days: 142 lbs. per sq. in.

Minimum Compressive Strengths.—*Air Curing.*—At 7 days: 500 lbs. per sq. in.; at 28 days: 570 lbs. per sq. in.

Water Curing.—At 7 days: 425 lbs. per sq. in.; at 28 days: 500 lbs. per sq. in.

Comparison.

A comparison of these new specifications with the previous specification (dated May 27, 1919) shows the following alterations:—

Definition.—It is specified that gypsum shall be the only additional material for Portland cement.

Chemical Composition.—In establishing a relationship between the lime and cementing elements there is included iron oxide, which formerly had not been taken into consideration. The maximum amount of magnesia allowed is increased from 3 to 5 per cent. The limitation prescribed when sulphuric anhydride is also present is increased from 5 per cent. to 6.5 per cent. The total amount of sulphur permitted is increased from 1 to 1.25 per cent.

Fineness of Grinding.—The residues are reduced as follows: On a No. 76 sieve, from 3 to 1 per cent. On a No. 180 sieve, from 25 to 16 per cent.

Setting Time.—As a minimum limit for the initial set, 45 minutes are specified instead of 30 as before. For the final set a maximum of 12 hours is substituted for that of 4 to 14 hours formerly allowed.

Strengths.—The tensile strength of 1 : 3 mortar briquettes, water cured, is increased as follows: At 7 days, from 228 lbs. per sq. in. to 272 lbs. per sq. in.; at 28 days, from 285 lbs. per sq. in. to 335 lbs. per sq. in.

The compressive strengths of 1 : 3 mortar briquettes, water cured, are increased as follows: At 7 days, from 2,000 lbs. per sq. in. to 2,720 lbs. per sq. in.; at 28 days, from 2,570 lbs. per sq. in. to 4,000 lbs. per sq. in.

The new specifications for high strength cements are divided into two classes, aluminous cement and rapid hardening Portland cement. Until this specification these had not been regulated in Spain.

Crushing and Preliminary Grinding in Portland Cement Manufacture.

By A. C. DAVIS, M.Inst.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.

Works Managing Director, Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.

Crushing and grinding are necessary at nearly every stage of the manufacture of Portland cement. The raw material, the fuel for the kiln, the gypsum and the cement clinker all have to be reduced. Crushing and grinding processes are probably responsible for 80 or 85 per cent. of the total power required for cement works.

When the raw materials are soft (white or grey chalk, marl, river or land clay), the power required for grinding or washing the raw materials is

Fig. 1.—Mill Stones in Early English Cement Works.

comparatively small, but when they are hard (limestone and shale), the power required is much higher.

White and grey chalks and marl are usually quarried by a power-driven excavator, and the pieces brought to the preparatory plant are much larger than formerly, when they were quarried by hand. This, however, is not very important, because the material is " washed " in a washmill, and owing to its soft nature little or no real crushing or grinding is necessary.

Where the raw materials are of a harder variety crushing is necessary, and grinding requires both more power and a longer period for carrying out. In quarrying limestone it is usual to break down large pieces by blasting. When these pieces are handled by power-driven excavators the only limit to their size is the dimensions of the excavator bucket, or the size of opening of the crusher mouth. When the pieces are handled manually the limit to size or weight is the workman's lifting capacity; it is then usual to adopt a limit of 1 cwt. for the larger pieces. When this method is adopted the mouth of the crusher need only be large enough for pieces of this dimension or weight, providing its quantity capacity is sufficient.

Crushers are of several kinds; each has its own characteristic, and is specially suitable for a specific duty. Some machines definitely reduce the whole of the material which passes through them—some produce fines, while others effect no reduction of the under-size.

Either jaw or gyratory crushers will operate satisfactorily as breaking-down machines for pieces of material of either of the sizes previously mentioned, but a second or finishing machine would have to be provided for making final preparation for the mill. It should be mentioned that any type of crusher will break down more economically than any grinding mill. Experience indicates that the best economic division of duty between the crushers and the grinding mills lies about or between a ring size of $\frac{3}{4}$ in. to 1 in. Where suitable crushers are available they should prepare the mill feed to this size. The economic reduction ratio of the jaw and gyratory type crushers is about 4 to 1 or $4\frac{1}{2}$ to 1.

With the hammer-type machine there is no reasonable limit to the size of

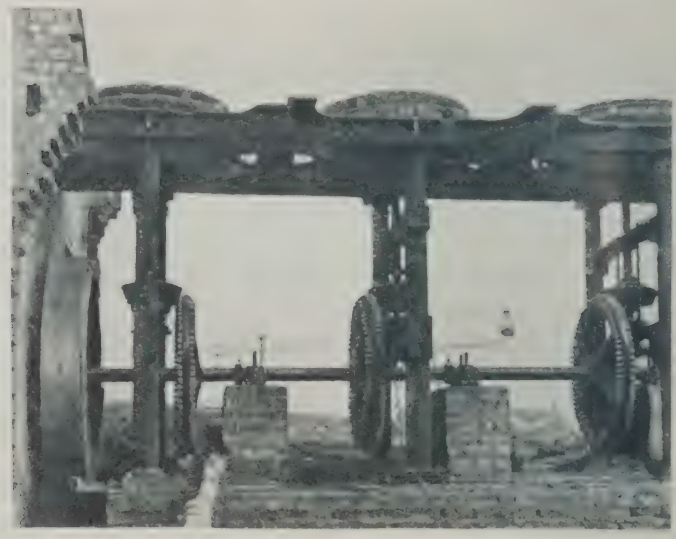


Fig. 2.—One of the Original Cement Mills Installed in Australia.

pieces fed into the mouth of the machine up to its capacity, nor to the amount of reduction that can be effected. This type of machine, equipped with a suitable feed, will accept pieces of limestone rock of 36 in. or 40 by 24 in., 30 by 18 in., or 12 in., *ad lib.*, and will produce from these large pieces of rock a product which will pass a 1-in. ring. A noticeable characteristic of the hammer-type crusher is its tendency to produce fines. This makes it particularly suitable for breaking down the raw material for feeding any type of mill.

The usual power taken by any of these machines would amount to, say, 2 b.h.p. per ton for very large reductions and $\frac{3}{4}$ to $1\frac{1}{4}$ b.h.p. per ton for small reductions.

A regular feed is essential for the satisfactory operation of every type of crusher. It is not sufficient to build a large hopper over the crusher mouth

and expect it to function satisfactorily, as if the feed is not regular the crusher will be choked or starved. The hopper should be built away from the crusher and a feeder provided. A magnetic separator of some kind should also be installed if " tramp " iron is likely to be met with.

Jaw Crusher.

This is probably the earliest type of crusher. A swinging jaw (or jaws) operates against a fixed jaw, the movement being produced by an eccentric or crank spindle operating through a toggle joint. The framing of the smaller size machine is usually a one-piece iron casting, but the larger machines are

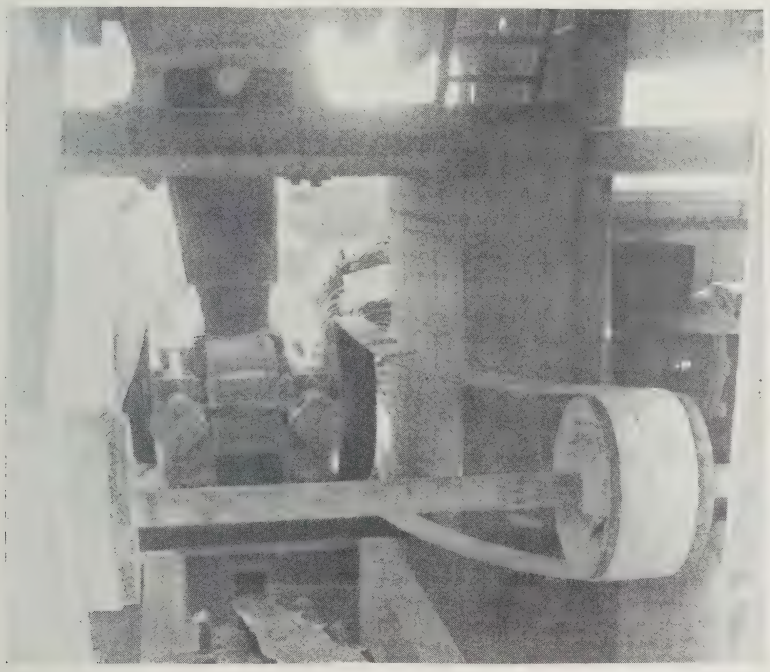


Fig. 3.—Gypsum Crusher and Rolls.

usually built of steel castings. The largest machine yet made has a jaw opening of about 8 ft. or 6 ft.

The jaw crusher functions for about half its running time. It is very suitable for dealing with hard, dry, crystalline and non-clogging material, but is not so suitable for gypsum or similar tough material. As previously mentioned, the most efficient reduction ratio is about 4 or $4\frac{1}{2}$ to 1. The pitch of the corrugations in the jaw face and the size of the product required should be co-related. V corrugations and ridges are most suitable for the materials this machine deals with.

Gyratory Machine.

Gyratory machines are of more recent introduction. They function for 100 per cent. of their running time, but they are larger, more costly, and as breaking-down machines, are not generally so suitable as the jaw crusher. The gyratory

crusher is, however, more suitable for gypsum. When used for gypsum the crushing surface should be of semi-circular or corrugated section rather than V section. The reduction ratio of this machine is about the same as the jaw crusher, and the product would be similar to that of the jaw machine. The gyratory crusher requires more room vertically than a jaw crusher of similar capacity.

Roll Crusher.

There are several types of roll crushers: single roll, double roll, smooth surface, corrugated surface, high-speed roll, slow-speed gear-driven roll, etc.

The single-roll slow-speed gear-driven machine is suitable for breaking down limestone and similar raw materials. Such a machine has been constructed with a capacity of 350 to 400 tons per hour. The feed may be as big as 3 ft. cube and the product 6 in. cube, or even less. This machine requires 400 to

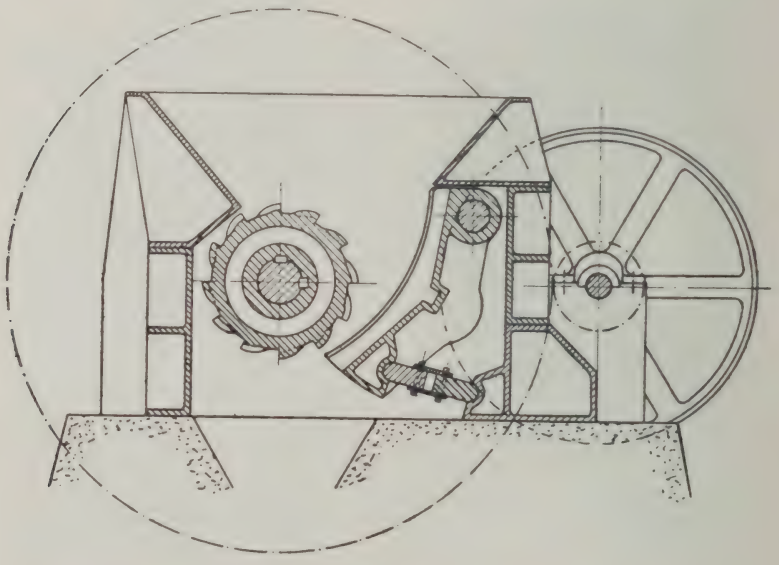


Fig. 4.—Single Roll Crusher.

450 b.h.p. Crushing is effected by the toothed, serrated, or corrugated surface of the slow-speed roll feeding the material against a fixed jaw. The machine is strongly constructed, and its reduction ratio is larger than either of the former machines. The quantity capacity is also large. A sectional illustration is given in Fig. 4.

Double-roll machines, operating at high speed, are sometimes used for reducing oversize pieces for mill feed. The whole of the mill feed may be passed through the rollers on its way to the mill, but the oversize pieces only are broken down. An advantage would result if the fines were eliminated, thus preventing undue wear on the surface of the rollers. The reduction ratio of two-roll machines with comparatively smooth surfaces is about 3 to 1; if the surfaces are corrugated the ratio may be larger.

Double-roll, slow-speed crushers have been used for dealing with coal for rotary kilns, with the object of producing a feed suitable for the coal-grinding

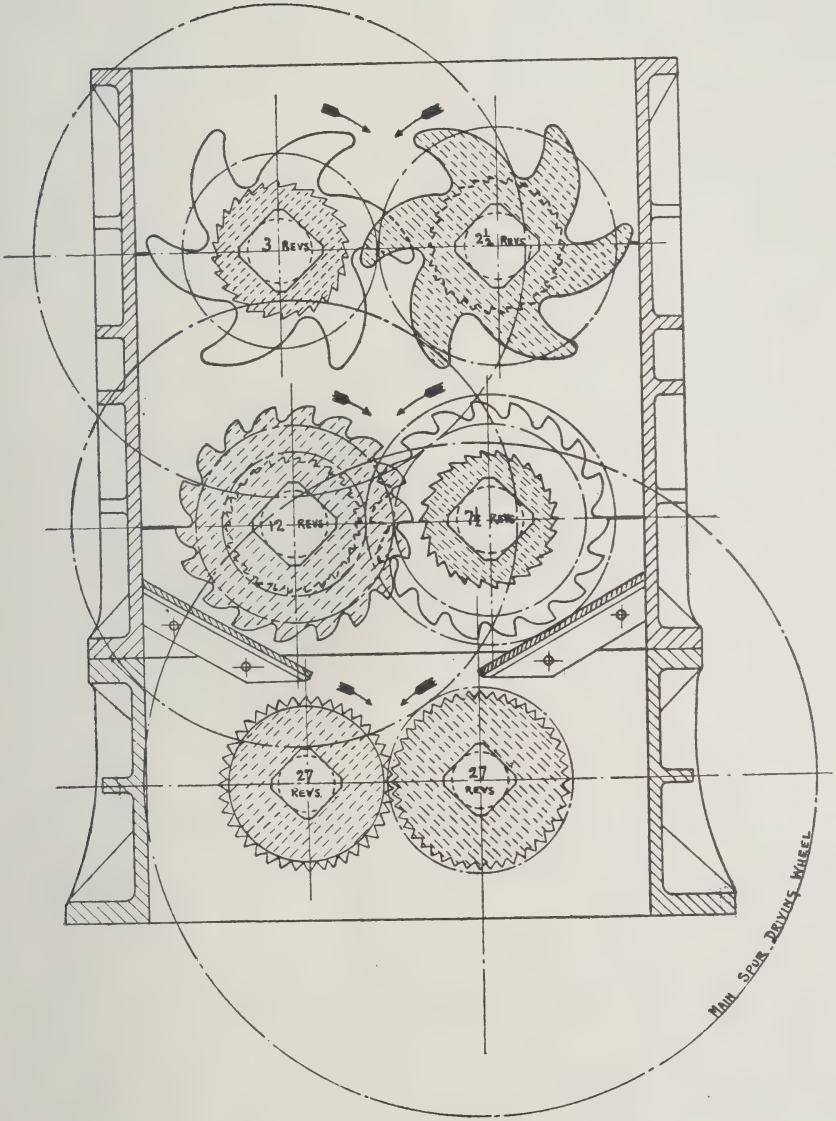


Fig. 5.—Six-Roll Coal Crusher.

mills. In Fig. 5 a machine is shown with three pairs of roll shafts, fitted with tooth-type discs. These discs are narrow, and there are distance-pieces between adjacent discs in the form of a disc of smaller diameter with a finely-serrated surface. The teeth in the upper part are coarser and of larger pitch than in the lower. It will be noted that the separate shafts of each of the first two pairs rotate at different speeds; the lower pair rotates at the same speed. As coal is a comparatively non-abrasive material, there is no objection to undersize material passing through the rolls with pieces which require crushing,

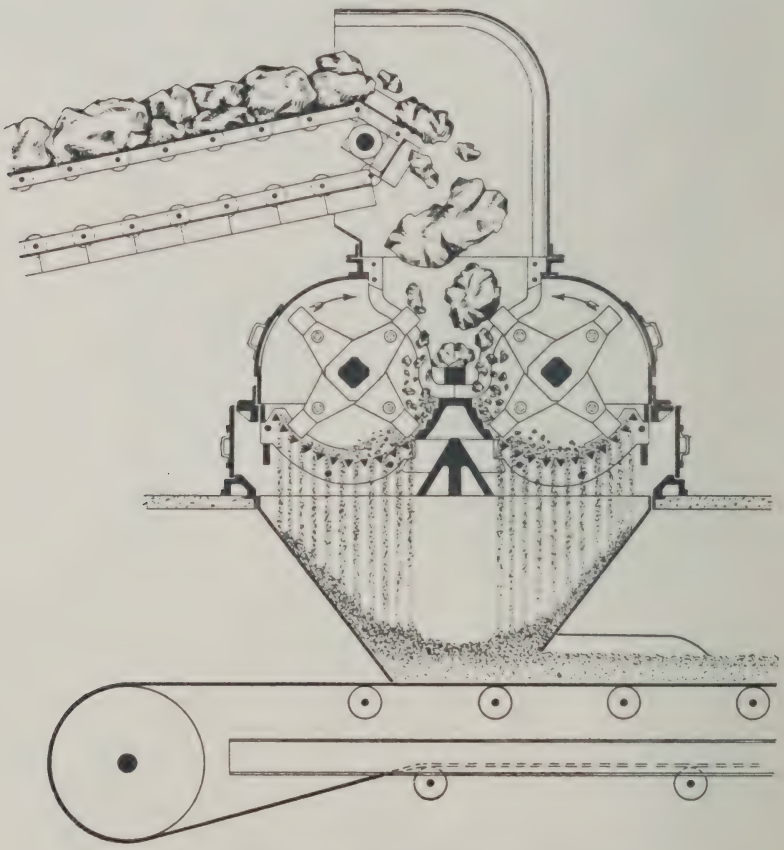


Fig. 6.—Double-Spindle Hammer Crusher.

but probably 15 per cent. of the product would exceed the size which the lower pair of rolls is set to crush. The power required for a unit of this kind would be small, say, $1\frac{1}{4}$ or $1\frac{1}{2}$ b.h.p. per ton, but if the coal were relatively fine, and the lower rolls alone required, the figure obviously would be less. Indeed, the friction absorbed in rotating the rolls would be greater than the power necessary for crushing. A safe figure would be 0.7 to 0.8 b.h.p. per ton crushed.

Hammer Type Crushers.

Hammer type crushers are made with either a single or a double spindle. As mentioned earlier, these machines will accept as feed whatever size pieces

will enter the mouth of the machine, and will discharge a product of pre-determined size. The dimensions of the space between the grid bars do not seriously affect the size of the product. As the movement of the hammers is transverse to the length of the grid opening, the material passed through is consistently smaller than the space. Fig. 6 shows a section through a double-spindle machine, and the difference in size of the feed and discharge which is characteristic of this machine. The feeder performs an important part in the operation, as this type of crusher would not function satisfactorily without a suitable feeder.

Disc Crusher.

The disc crusher is made horizontal or vertical. A section of a horizontal machine is shown in Fig. 7. This type functions for 100 per cent. of its running time. Its reduction ratio is comparatively small, viz., $3\frac{1}{2}$, or even 3 to 1. It reduces the oversize material to the size pre-determined by the initial setting of the machine without further reducing those pieces which are already of that size. Crushing is effected by pressure exerted by two smooth,

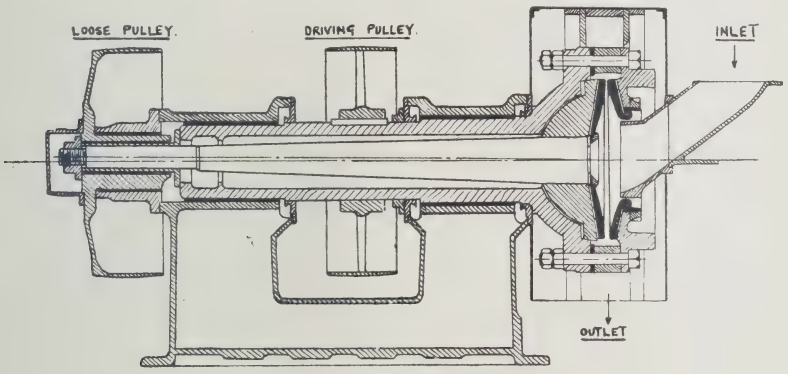


Fig. 7.—Disc Crusher.

dished, or concave surfaces. This pressure is caused by the pendulum-like movement of the end of the spindle, caused in turn by the eccentricity of the bore of the pulley. The crushing surface is large in both types of machine, and considerable working life is obtained without renewal of wearing parts.

In considering crushers, specific reference has been made to limestone and material of that class; the same remarks are, however, entirely applicable to shales and other material of the kind. It is usual after crushing to elevate or transport the crushed material to hoppers, silos, or stock-bins ready to be transported as feed to the grinding mills.

Grinding Mills.

Grinding mills may be of the single or the two-mill unit type. For many years the two-mill type has had preference, the preliminary mill being fitted with sieves or their equivalent so as to limit the dimensions of the discharge. The discharge from this mill becomes the feed for the finishing mill, which has no sieves at all. It will be appreciated that in the two-mill unit the residue in the product of this finishing mill is determined by the residue in the preliminary mill product and the grinding capacity of the finishing mill.

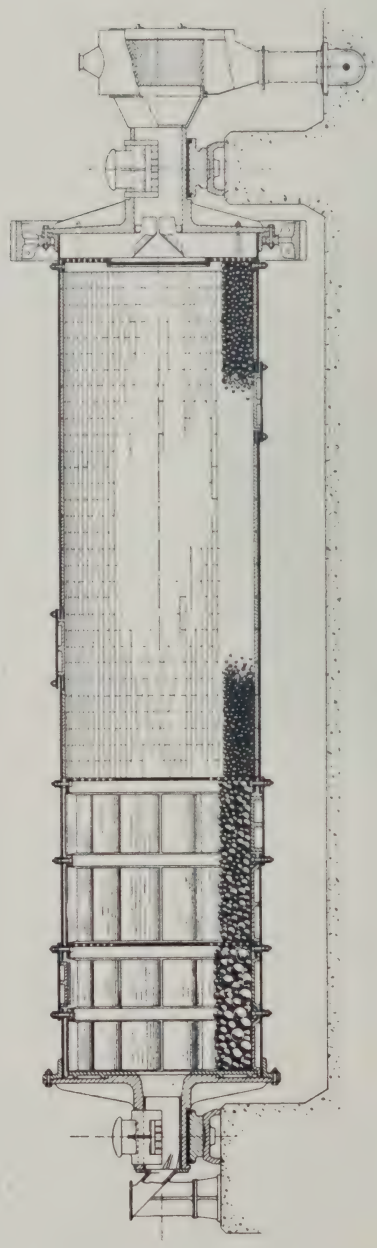


Fig. 8.—Single-unit Mill.

During recent years considerable progress has been made with single-unit mills of large dimensions. Mills of 8 ft. diameter by 40 ft. or 45 ft. long have been built and put into service. These machines require a charge load of 50 or 55 tons and a 700 or 800 b.h.p. motor to drive them. When correctly tuned-up, mills of this size would reduce 15 to 20 tons of limestone to slurry per hour. The exact quantity, however, would depend upon the tuning-up of the mill, the hardness of the stone, and the final residue. The mills would be divided into three or four compartments, generally loaded with balls of different sizes, as indicated at Fig. 8, but modified in detail to suit wet conditions. Although single-mill units reduce the cost and simplify the arrange-

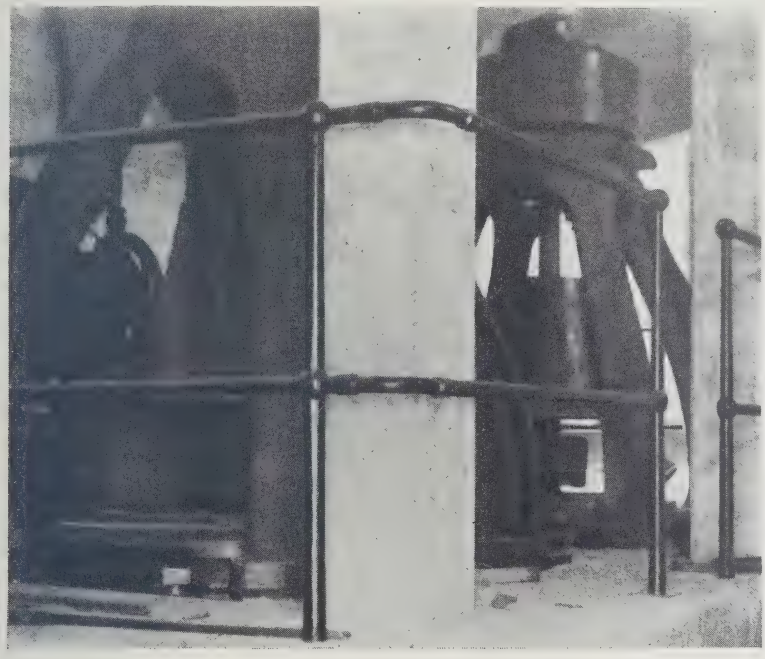


Fig. 9.—Griffin Mills.

ment of large installations, it appears difficult to obtain the same output at the same residue for the same b.h.p. per ton as is obtained from two-unit mills.

Most raw material grinding is carried out wet, that is to say, sufficient water is fed into the preliminary mill with the material to produce slurry of the correct moisture as it leaves the finishing mill. Raw materials, owing to difference in viscosity, require different percentages of water. A soft chalk and clay mixture, for instance, needs between, say, 40 and 42 per cent.; if the moisture content were much below this figure the liquid would be troublesome to pump and would set up excessive pressure in the pipe-line. In the case of slurry made from hard raw materials like limestone, 34 or 36 per cent. of moisture would be comparable with the 40 or 42 per cent. previously referred to. Water in every case is fed to the mill with the feed.

Too much importance cannot be attached to the consistent fine grinding of the raw materials for making high quality cement. The usual residue on the 180- or the 200-mesh sieve would be of the nature of 2 or 3 per cent. and 4 or 5 per cent. respectively.

It has already been mentioned that the power required for the harder material would be much greater than that for the softer. The power required to grind the soft variety of chalk and clay to the residue given would be, say, 8 to 10 kW per ton. The corresponding figure for raw materials of the limestone class ground to the same residue would amount to 35 or 40 kW per ton, depending upon the hardness and the residue.

In dry process works it is usual initially to dry the raw material and to grind it dry instead of wet, as previously described. When grinding is carried out dry the power required per ton appears to be rather greater.

Meeting of the German Portland Cement Manufacturers' Association.

The general meeting of the German Portland Cement Manufacturers' Association was held on March 20-22. The first day of the conference was reserved for the internal business of the Association, while the remaining two days were given to a series of scientific and technical discourses.

Extracts from some of the papers are given below:—

Sintering of Portland Cement Raw Material.

Dr. G. Haegermann said that in order to complete the work of the Kiln Committee it was desired to develop a method for evaluating the relative readiness with which different raw materials sinter. Comparison with the melting of Seger cones naturally cannot be expected to yield results, since cement melts only at very high temperatures approaching 1,500 deg. C. Heating experiments showed definite breaks in the heating curve due to the expulsion of mechanically admixed water and water of hydration, to the evolution of carbon dioxide, and to the commencement of the exothermic reaction. A further break in the curve appears after shutting off the furnace; this shows the solidification point corresponding to the complete fusion of part of the mass which occurs on sintering. These experiments indicate that the characteristic sintering point lies between 1,275 and 1,295 deg. C.

The measurement of shrinkage might offer a further characteristic to establish whether a cement is completely burnt, but a specially-constructed calliper apparatus would be necessary to obtain satisfactory results. Further, the determination of density would afford no reliable criterion.

In further experiments samples of raw material were heated for 20 minutes to temperatures of 1,325, 1,375, 1,425 and 1,475 deg. C., and their free lime content then determined by von Emele's method, since it may be assumed that a well-burnt cement no longer contains free lime. It proved, however, that neither this test nor the boiling test gives a reliable basis on which to judge the completeness of burning. Possibly the degree of fineness and the chemical composition considerably affect the results.

To estimate the importance of fineness of grinding, a raw meal was divided into two fractions by passing through a sieve having approximately 250 meshes per linear inch. After burning, the finer fraction showed no free lime, and the coarser fraction 3.16 per cent. Thus the raw meal must be heated for a longer period the less finely it is ground. Finally, the amount of magnesia present may affect the results of the free lime determination.

Dr. Haegermann is at present continuing his experiments on the sintering of raw materials.

Hydrates of Tricalcium Aluminate.

Professor Eitel gave a survey of the work of Professor T. Thorwaldson, of the University of Saskatchewan (Canada). Professor Thorwaldson has discovered relationships between the resistance of cements to sulphates and the hydration of the tricalcium aluminate.

A series of hydrates of 3 $CaO.Al_2O_3$ are distinguished by their resistance to sulphate solutions. The most remarkable of these is the hexahydrate, which crystallises " regularly." His researches on the resistance of the hexahydrate at higher temperatures establish the hypothesis regarding the hydrates of 3 $CaO.Al_2O_3$ and the hardening of cement in soil containing sulphate solutions. Professor Thorwaldson attained an essentially higher soundness on treatment with superheated steam, since this greatly assists the formation of the stable hexahydrate, while the reaction between the $Ca(OH)_2$ formed and suitable added materials is so accelerated that direct reaction between the $Ca(OH)_2$ and the sulphates is rendered impossible.

Methods of Research on the Thermochemistry of Cement.

The beginning of chemical reactions, said Professor W. A. Roth, is indicated by the evolution or absorption of heat; and conversely the measurement of this heat enables conclusions to be drawn as to the nature of these reactions. The thermochemistry of Portland cement has hitherto been a neglected field of research, because direct measurements were hardly practicable. Professor Roth's calorimetric method is applicable especially to iron ores, carbonates, and silicates. With Portland cement, however, there is the difficulty that the reactions proceed relatively slowly.

For the success of the experiment the choice of the correct fuel (in this case the raw meal was mixed with paraffin) is of decisive importance. When the mixture is burnt in the calorimeter bomb under compressed oxygen the amounts of the reaction products can be determined.

If the above process is not used, one can work only indirectly, since both raw material and end products must be dissolved in the same acid, and the heat of the chemical reaction cannot be directly determined, but must be obtained by difference. Owing to the fact that clay is soluble in acids only with difficulty, a mixture of hydrofluoric and hydrochloric acids was chosen. To prevent attack on the reaction vessel this was made of gold and sealed with india-rubber. The reaction must be assisted by the finest grinding and stirring, and by heating to 50-100 deg. C. Now that a suitable apparatus is available it should be possible to determine both the heat of formation of cement and the heat-reaction of setting.

Influence of the fine-grain structure on the Strength of Cement.

Professor H. Kühl presupposes that the most favourable grain composition for cement corresponds to that of the curves advanced by Fuller and Graf for the grading of gravel. He chose for his experiments two cements, one ground on the works with air separation and the other ground in a laboratory mill.

The von Gonell sieving apparatus was used to separate these cements into seven fractions, each differing from the next in grain diameter by 10μ. Owing to the time and trouble required to separate the fractions so narrowly it is necessary to limit the strength tests to those of the miniature testing process developed by Professor Kühl. From the results of these may be derived the so-called strength values by multiplying the tensile strength by ten and the crushing strength by two. On deriving a relationship between the strength values and the inner surface of the grains, obtained by an approximate process of calculation, it is found that the strength figures increase with the inner surface, although by no means proportionally. If the grain size is less than 20μ the strength, as expressed by the strength values, increases only very slowly. This is the case for a cement of uniform grain size.

Mixtures of the coarsest and finest fractions gave the same strength value as the original unseparated cement, in spite of possessing an appreciably greater inner surface. Very fine cement of mixed grain size can be mixed with 30 per cent. of quite coarse cement without any falling off in strength. Thus there arise two possible ways of producing cement of high strength:

(1) A uniform medium-sized grain, not too fine;

(2) A very fine grain with an admixed coarser constituent.

Complex Compounds in Portland Cement.

On reviewing the chemistry of Portland cement, particularly the literature dealing with its constitution, Professor F. Kraus finds that a number of the basic laws of chemistry have not received consideration. Consequently the application of the rules of valency in the construction of constitutional formulæ has frequently led to improbabilities and impossibilities; the structure of numerous compounds can by no means be explained by the theory of atomic valency alone. He draws attention to the work of Professor A. Werner, who, by introducing the so-called secondary valency, has rendered possible satisfactory formulæ for complex compounds. Professor Kraus then deals with the structure of silicates in general, and calcium silicates in particular, with regard to Werner's theory, which has found confirmation in the observations of Professor Pfeiffer and X-ray spectrography.

Value of Kl-Storage* in Practice.

Since Professor Gensbaur, in 1927, first suggested that the fall in strength on renewed water storage after previous combined storage could be taken as a criterion in cases of suspected tendency to expansion, this question has been dealt with by a large number of technical writers with conflicting views. Professor Burchartz now gives the results of extensive experiments undertaken with the object of solving this question. He used five different cements, including an iron-Portland and a blast-furnace cement. The experiments comprised:—

(1) Standard tests (German standard of 1927).

(2) Determination of the tensile and crushing strengths of standard test-pieces after (*a*) 7 and 28 days' and two months' water storage; (*b*) 28 days' and 2 months' combined storage; (*c*) 28 days' combined storage + 2 days' water storage; (*d*) 28 days' combined storage + 1 month's water storage.

(3) Determination of the crushing strength of 1 : 4 and 1 : 6 concrete mixtures after (*a*) 28 days' combined storage; (*b*) 28 days' combined storage + 2 days' water storage; (*c*) 28 days' combined storage + 1 month water storage.

(4) Determination of the weights of the test-pieces stored under the conditions set out in (2) and (3), with the object of obtaining the amount of water lost

* 1 day moist air, 6 days water, 21 days air, 28 days water.

during combined storage and the absorption of water due to the water storage which follows.

The determination of these weights showed that the test-pieces absorb relatively little water during the water storage. The tensile, and to a less degree the crushing, strength of the standard mortars certainly show a definite falling off on renewed water storage, which is more pronounced when the water storage is of short duration than for longer periods. The same holds to a less degree for the crushing strength of concrete; in this case there is no falling off in strength when the water storage is of long duration. The experiments showed that no regular relation exists connecting the variations in strength with the lime content of the cement.

Finally, it may be said that the behaviour of cements on Kl-storage in no way justifies the drawing of conclusions as to its behaviour in building operations, and testing according to the Kl-storage process must be regarded as quite meaningless in practice.

Determination of the Heat of Formation of Silicates from their Oxides.

Professor Nacken, like Professor Roth, dealt with the thermo-chemistry of cement. After first referring to the difficulties of research in this field and to the two methods of Professor Roth, he dealt with the experimental results of his own investigations. As a solvent he used a mixture of hydrofluoric acid with either hydrochloric or nitric acid. Naturally the research could only be carried out if the specific heats of the mixtures of acids used were known, or if it was possible rapidly to determine them. The principle of this determination depends on the fact that a weighed quantity of a supercooled melt gives a precisely defined quantity of heat on crystallisation. The specific heats are determined from the increase of temperature due to the crystallisation of a known quantity of a supercooled melt confined within a small tube in the liquid under investigation.

Since the silicates dissolve relatively slowly the experiments must be carried out in an accurately-controlled thermostat, containing the calorimeter. Professor Nacken's average results are collected in the following tables:

——	Specific heat of acid.	Water equi-valent.	Quantity of sub-stance (grams).	Temp. rise, deg. C.	Heat of solution per gram in g.-cal.	Molecular heat of solution in Kilo-cal.
1. α $CaO.SiO_2$	0.7355	150.19	0.5	0.583	437.803	50.768
2. β $CaO.SiO_2$	0.7355	150.19	0.5	0.561	421.037	48.996
3. $CaO + SiO_2$	0.7355	150.19	0.5	0.902	677.613	78.873
4. $\gamma - 2\,CaO.SiO_2$ crystallised	0.7355	150.19	0.5	0.715	537.304	92.671
5. $2\,CaO + SiO_2$ ...	0.7355	150.19	0.5	0.994	746.70	128.78
6. Heat of formation of $Ca(OH)_2$ from $CaO + H_2O$:			0.2802			
(a) $CaO + H_2O$ in HCl	0.7934	170.00	−1.0411	1.462	908.00	50.912
(b) $Ca(OH)_2$ in HCl	0.7934	170.00	1.3213	3.209	412.88	30.59

$$CaO + 2\,HCl = CaCl_2 + H_2O + 50.912 \text{ Kilo-cal.}$$
$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O + 30.59 \text{ Kilo-cal.}$$

Therefore $CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + 20.322$ Kilo-cal.

7. Heat of formation of silicates from the oxides.

(a) Metasilicate + oxide = orthosilicate.

$2\ CaO.SiO_2$	8.004	Kilo cal. per mol.
$2SrO.SiO_2$	8.296	,, ,,
$2\ BaO.SiO_2$	4.98	,, ,,
Pb_2SiO_4	1.456	,, ,,

(b) Orthosilicates.

— —	Heat of formation, g.-cal. per gram.	Heat of formation, Kilo-cal. per mol.	Heat of crystallisation, g.-cal. per gram.	Heat of crystallisation, Kilo-cal. per mol.	Heat of transformation, Kilo-cal. per mol.
$2\ CaO.SiO_2$ ...	209.396	36.109	——	——	——
$2\ SrO.SiO_2$ ...	123.18	32.956	——	——	——
$2\ BaO.SiO_2$ ...	67.88	25.19	——	——	——
$PbSiO_3$ ...	13.985	3.954	6.838	1.929	

(c) Metasilicates.

$\beta\ CaSiO_3$ ...	256.594	29.877	——	——	−1.722
$\alpha\ CaSiO_3$ ...	239.830	28.150	——	——	
$SrSiO_3$ ...	150.43	24.660	——	——	
$BaSiO_3$ ...	94.58	20.209	——	——	
$PbSiO_3$ ...	13.985	3.954	6.838	1.929	

Chemical Action of Gypsum and other Retarders.

Dr. L. Forsen's researches on the effect of added substances on pure clinker meal, which established the purely chemical nature of the action of retarders, gave the following results:

(a) The rapid setting of pure clinker depends on the hydrolysis of the unstable tricalcium aluminate according to the following equation:

$$3\ CaO.Al_2O_3 + 5\ H_2O = 2\ Al(OH)_3 + 3\ Ca(OH)_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

(b) The slow setting due to the action of retarders, which form spherolithic crystals of complex compounds, is characterised by reaction (2).

$$3CaO.Al_2O_3 + CaX_2 + 10\ H_2O = 2\left[\begin{matrix}Al\left(\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}Ca\right)_2\\(H_2O)_2\end{matrix}\right](OH)_2\ X \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

where X denotes the acid radicals SO_4, NO_3, etc. The formation of the complex compounds prevents the hydrolysis of the tricalcium aluminate. The slowing of the speed of reaction depends on the reduced solubility of the tricalcium aluminate in solutions of calcium salts. On the addition of greater quantities of the retarder there is a return to rapid setting, since spherolithic crystals then form in great quantity, which again is a purely physical process. On this phenomenon depends the so-called false rapid set, which has on several occasions been discussed in CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE.

(c) Still stronger concentrations of this type of retarder lead to a form of unsoundness similar to gypsum-expansion, due to the transformation of tetrahydroxy into hexahydroxy compounds.

$$2\left[\begin{matrix}Al\left(\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}Ca\right)_2\\(H_2O)_2\end{matrix}\right](OH)_3 + 3\ CaX_2 = 2\left[Al\left(\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}Ca\right)_3\right]X_3 + 4\ H_2O + Ca(OH)_2 \quad \ldots(3)$$

(d) Lime-expansion depends on the formation of readily soluble calcium-hexahydroxy-aluminium hydroxide compounds as follows:—

$$\left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\\(H_4O)_2\end{pmatrix}Ca\right]_2(OH)_3 + Ca(OH)_2 = \left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\end{pmatrix}Ca\right]_3(OH)_3 + 2\ H_2O \quad \ldots\ldots\ldots(4)$$

When the reaction proceeds very rapidly, as, for instance, on the addition of aluminium chloride, false rapid set again sets in, due not to hydrolysis but to the copious formation of spherolithic crystals.

Protection of Concrete against Water.

Professor O. Graf discussed his experience with various types of cement, and the effect of magnesium-chloride and sulphate solutions. For protection, he concluded, the concrete must be made as dense as possible.

Comparison of Sieve Analyses and Fineness Modulus.

Density, said Dr. A. Hummel, is by no means always a measure of the highest strength of concrete, and in this respect sieve analyses of the additions to cement frequently lead to error. According to the author's experiments, the grading is often unimportant, especially in the case of the coarse material, although for sands also the system of mixed grain size free from voids previously adopted can no longer be upheld. The author holds that the "fineness modulus" developed by Abrams is a more reliable criterion, since all added materials with the same fineness modulus have the same water requirement and yield the same strength.

Grinding Mills.

A paper by A. B. Helbig concludes with the following summary: The material from the coarse mill is led to a coarse screen which separates it into grit and fine meal. The grit is returned to the coarse mill, while the fine meal is led to a second screen, which removes the finer portion by the principle of circulatory sieving. The resulting meal from which the dust has thus been removed is then ground in the fine mill. The author gives, among others, the following increases in output due to adopting the process, developed by Messrs. Pfeiffer, of Kaiserlautern. Working at a residue of 6-7 per cent. on the 180 (per linear inch) sieve, the output was increased from $10\frac{1}{2}$ to $13\frac{1}{2}$ tons; with a 0.5 per cent. residue, from $7\frac{1}{2}$ to $10\frac{1}{2}$ tons. At the same time the power consumption fell from 51.7 to 40.2 kW-hours per ton.

The Czechoslovak Cement Industry during 1929.

The Department of Overseas Trade gives the following report on the general condition of the Czechoslovak cement industry during the past year:—"On the whole the Czechoslovak cement works have not much to complain of regarding business in 1929, although the very severe winter of 1928-29 reduced building activity, and consequently the demand for cement fell by about 10 per cent. compared with the demand in 1928. Generally speaking, production is being established, and this may eventually affect unfavourably the smaller works, which already find it difficult to compete with large undertakings. There are no signs at present of any reductions in price or of any serious decline in demand."

A Modern German Cement Works.

The works of the Kursachsen Portland Cement Company is situated at Carsdorf a/U, in the neighbourhood of Naumberg a S, in the centre of an industrial district and close to the brown coal deposits of central Germany. The plant (Fig. 1) is built on a branch line leading to Naumberg, where it joins the main Berlin-Halle-Erfurt-Frankfurt a/M line, and another line serves the Harz District. Carsdorf is on the river Unstrut, which flows into the river Saale, and, as both of these rivers are navigable, Carsdorf is connected by water with most of northern and central Germany. The first part of the plant was started in the autumn of 1928, and at the same time work was commenced on an extension, so that the complete works were put into operation in the summer of 1929.

The raw materials are limestone and shale. The limestone is "Muschelkalk," which is very common in central Germany, and the shale is the so-called "Röt." The wet process is employed as indicated in Fig. 2.

Fig. 1.

The limestone quarry is about 1,700 ft. from the works, and 230 ft. higher. The limestone is blasted down, and is at present loaded by hand into trucks. The stone is hauled to the loading station of an aerial ropeway (Fig. 3), where the upper parts of the trucks are lifted off and placed in the hangers of the ropeway which carries the limestone to the preliminary crushing plant. As the ropeway is on a slope, it has been so designed that the loaded trucks coming down to the crushing plant lift the empty ones back to the loading station in the quarry. No driving power is therefore required. The ropeway is provided with an arrangement for automatically discharging the limestone into the crushers (Fig. 4).

The stone is broken in a jaw crusher, which at the same time serves as a feeding apparatus for a roller mill underneath. In the roller mill the material is further crushed and discharged on to a sloping band-conveyor leading to a limestone silo above the raw mills. The shale is quarried close to the crushing plant and tipped direct into the roller mill already mentioned.

The limestone and shale quarries are worked in two different shifts, so that the materials are not mixed in the roller mill, but crushed separately, and the shale is transported to a separate silo adjoining the limestone silo above the

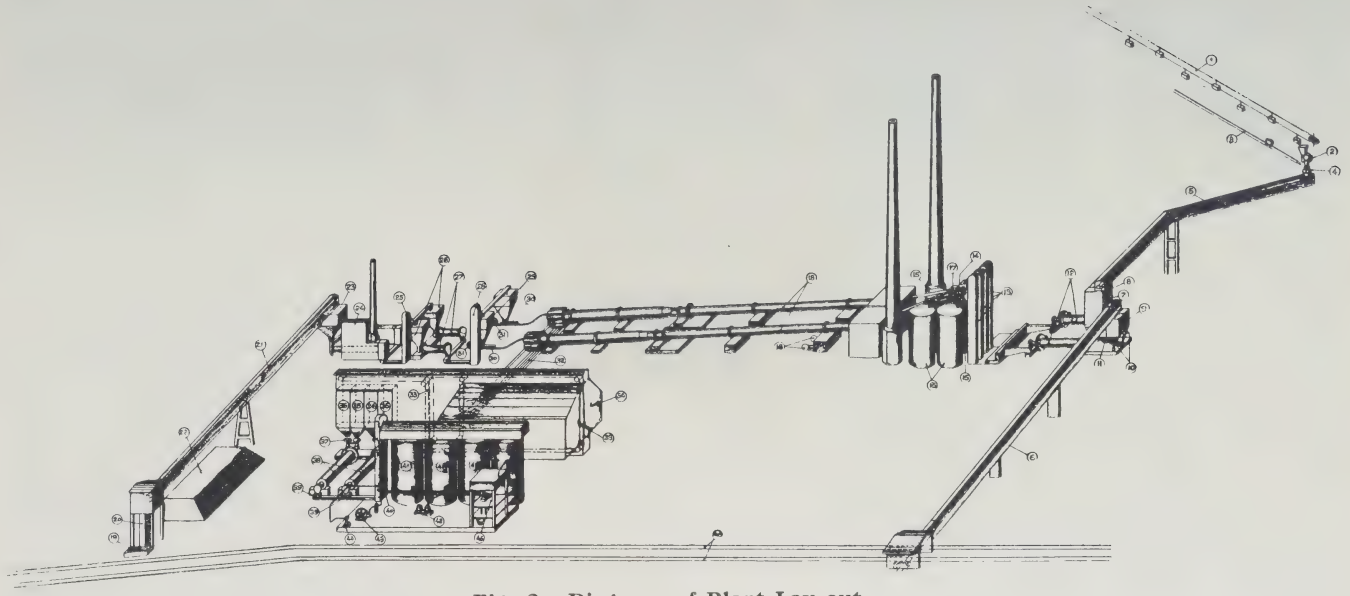


Fig. 2.—Diagram of Plant Lay-out.

(1) Rope conveyor for limestone; (2) Crusher for limestone; (3) Transport of shale; (4) Roller mill for limestone and shale; (5) Band conveyor for limestone and shale; (6) Band conveyor for sand, etc.; (7) Silo for limestone; (8) Silo for clay; (9) Silo for sand, etc.; (10) Feed tables; (11) Band Conveyor; (12) Raw mills; (13) Elevators for slurry; (14) Slurry distributor; (15) Slurry tanks; (16) Air compressors; (17) Slurry feed apparatus; (18) Unax kilns; (19) Coal crusher; (20) Elevator; (21) Band conveyor for coal; (22) Coal store; (23) Hoppers for wet coal; (24) Coal drying drums; (25) Elevator for dry coal; (26) Hoppers for dry coal; (27) Coal mills; (28) Elevator for coal dust; (29) Hoppers for coal dust; (30) Coal measuring screws; (31) Fan; (32) Shaker conveyor for clinker; (33) Chain bucket conveyor for clinker; (34) Clinker store; (35) Hoppers for clinker; (36) Hoppers for gypsum; (37) Feed tables for cement mills; (38) Cement mills; (39) Weighing machines for cement; (40) Elevator for cement; (41) Silos for cement; (42) Fluxo conveyor; (43) Air compressor; (44) Vacuum pump; (45) Fluxo packer; (46) Railway lines.

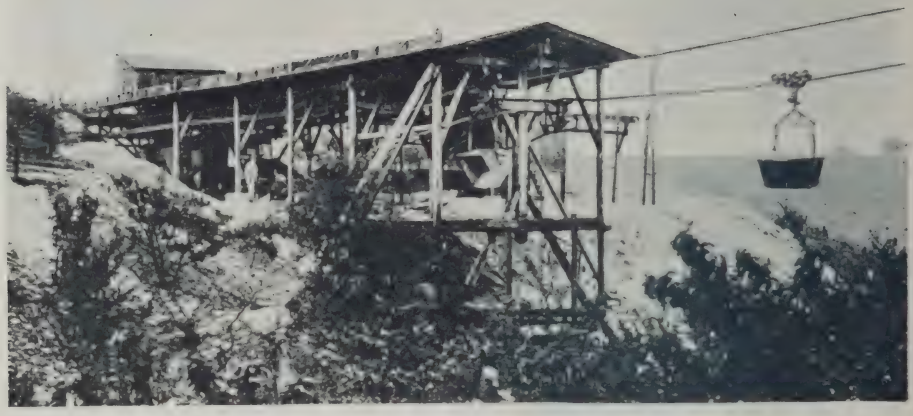


Fig. 3.

raw mills. Under each of the silos for limestone and shale a feed-table is arranged for extracting the two materials in the correct proportions and feeding them regularly to the mills.

There are two Unidan mills for raw grinding (Fig. 5), each divided into three compartments. The mixture of limestone and shale can be taken to either mill separately or divided between the two. At the mill inlets water is added to the raw materials, which are ground into a fine and uniform slurry.

Fig. 4.

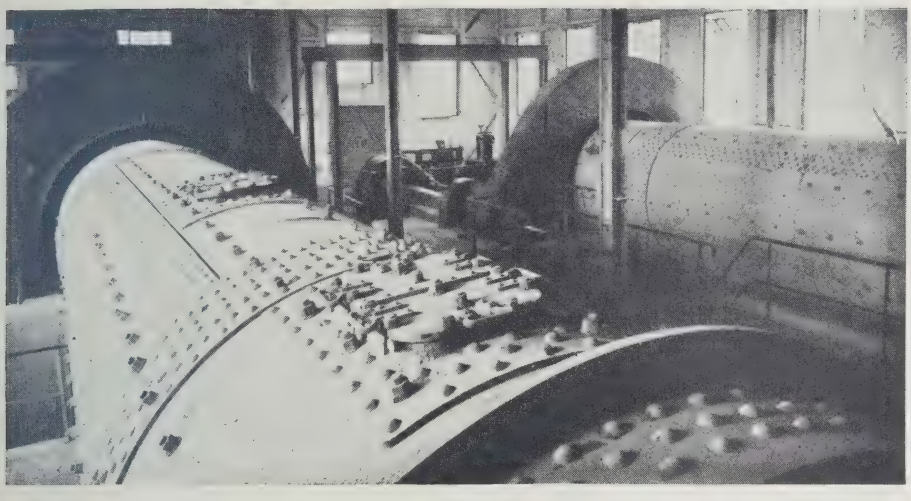


Fig. 5.

The two feed-tables mentioned are driven from a common variable-speed motor, so that by varying the speed the total amount fed to the mills can be regulated without affecting the proportion between limestone and shale.

In addition to the silos for limestone and shale, there are two other silos, each provided with a feed-table, in front of the raw mill. These two silos are for materials which have to be added to the raw mix when manufacturing rapid-hardening cement.

The raw mills are driven by direct-coupled electric motors with reduction gears; as the material is ground wet and no dust is developed in the mill house, the motors are in the same room as the mills.

The slurry is discharged from the raw mills into troughs leading to the three elevators in the slurry department. Four cylindrical concrete hoppers are provided for the mixing and storing of the slurry, and the elevators are

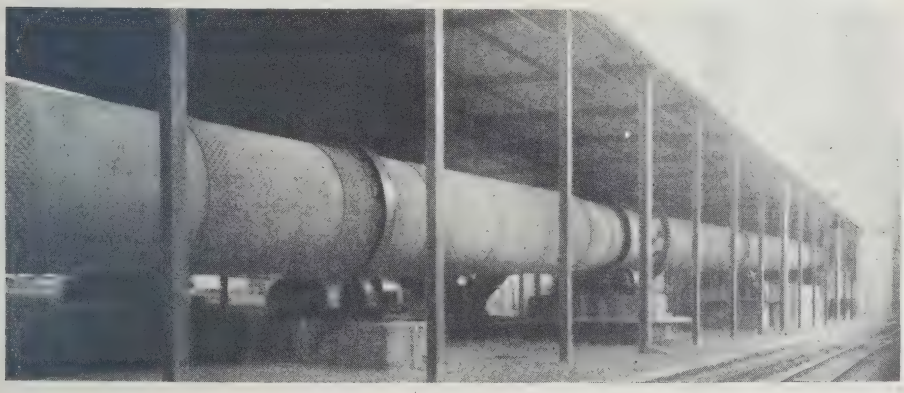


Fig. 6.

installed close by. The elevator casings are made in concrete, which also forms part of the main structure of the building. The elevators have very large buckets, and work at a slow speed.

The slurry from the mills is, by means of one of the elevators, lifted to a distributor from which it flows by gravity into one of the four silos. If desired, the contents of one of the silos may be mixed with the contents of one of the others by using the second elevator, and when the slurry is of the correct composition the third elevator lifts it to the feeding apparatus to the kiln.

The three slurry-elevators are arranged so that each of them can be used for any of the three purposes mentioned. This means that a spare elevator will always be available for the kiln feed and the slurry from the mills, as the mixing of slurry from one tank to another need not take place at any

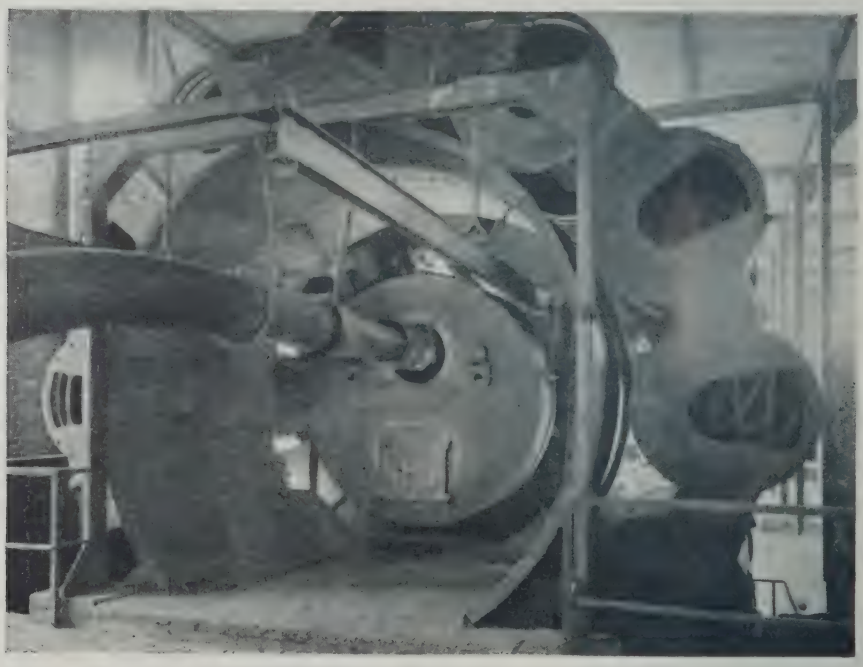


Fig. 7.

definite time. To ensure thorough mixing of the slurry in the concrete hoppers, these are provided with nozzles for compressed-air agitation. The compressors are close by, and the air is blown through the slurry as often as required.

The slurry-feeding apparatus to the kiln is of the bucket type, driven by a variable-speed electric motor. The speed of the motor is regulated from the platform at the outlet end of the kiln, so that the burner is able to vary the amount of slurry supplied.

The two Unax kilns (Figs. 6 and 7) are designed for both natural and artificial draught, and are driven by direct-coupled variable-speed motors with reduction gears. The speed of the motors can be regulated from the burner's platform. As the clinker coolers are attached direct to the ends of the kilns,

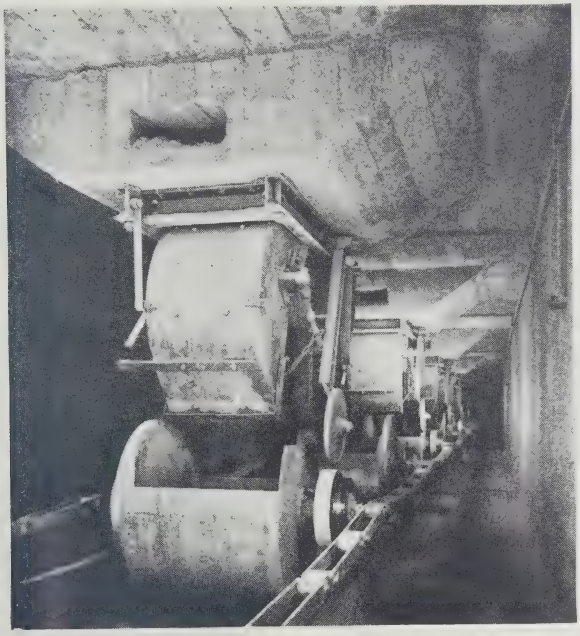


Fig. 8.

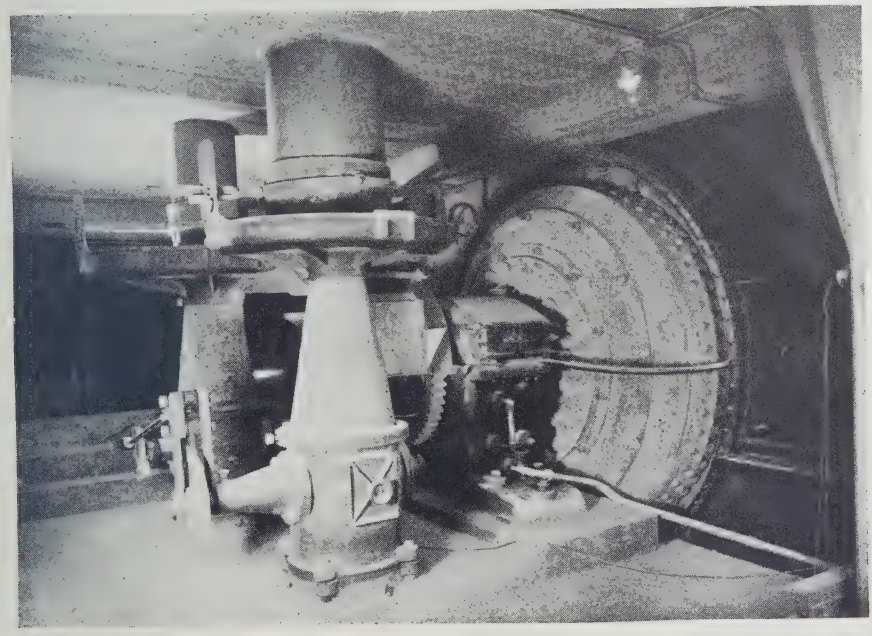


Fig. 9.

Fig. 10.

the latter have been arranged at a low level and the sides of the kiln house are uncovered.

The clinker leaving the coolers is carried away by a shaker conveyor in a tunnel. After passing through an automatic weighing machine the clinker is discharged into a chain-bucket conveyor, which takes it to the clinker store.

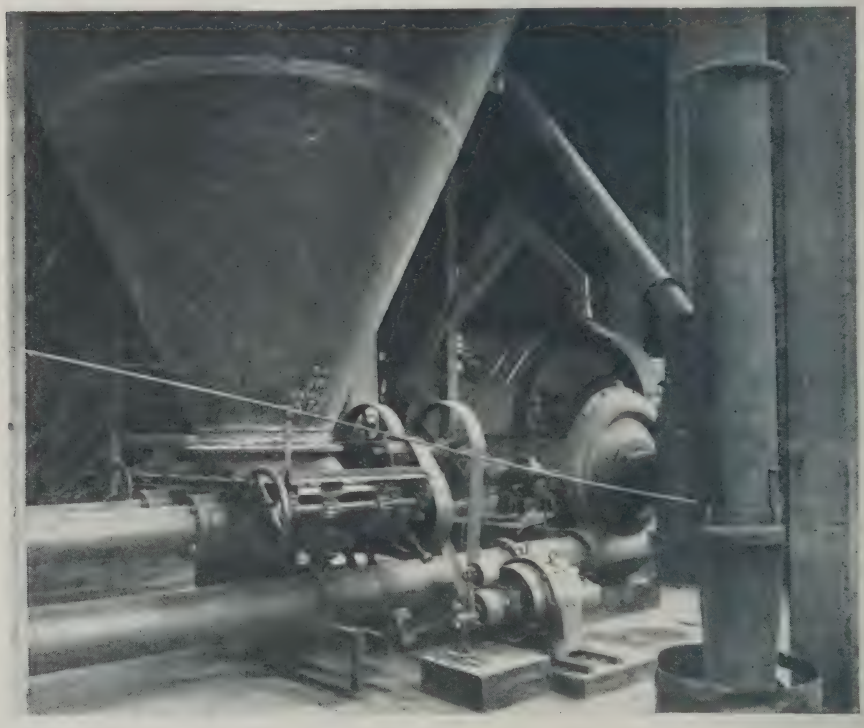


Fig. 11.

The chain-bucket conveyor discharges clinker at any point along the store, and at the same time it is used for withdrawing clinker and transporting it to the silos in the cement mill. This is done by leading the conveyor into a tunnel underneath the clinker store (Fig. 8), the various clinker outlets being arranged in the roof of the tunnel and provided with automatic devices for filling the buckets of the conveyor. The gypsum is carried to separate silos in the cement mill in the same way as the clinker.

Two Unidan mills (Fig. 9) are installed for grinding the cement, each of the mills having four compartments. The mills are driven by direct-coupled electric motors with reduction gears, and the motors and gears are placed in

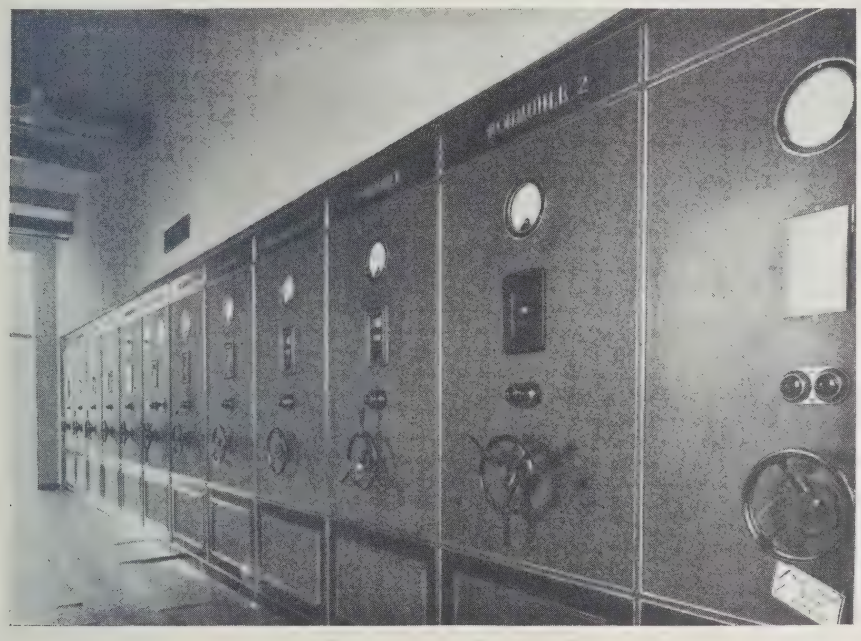


Fig. 12.

a separate room. At each cement mill an automatic weighing machine is installed, and the finished cement is taken from the weighers to the four cement silos by worm conveyors and elevators.

The cement silos are of reinforced concrete; they are cylindrical throughout their height, and no extraction tunnels are provided underneath. This design has been made possible by the installation of a pneumatic Fluxo transporter for extracting the cement from the silos and conveying it to the hopper above the packing machine. This transporter is connected to suction pipe-lines laid in the silo floors; the cement is sucked out through these by vacuum and pumped through a pipe-line to the packing hopper by means of compressed air. The Fluxo transporter is mounted on wheels, and can be connected to any one of the four silos. If required, it may be used for drawing cement out of one silo and pumping it into another for mixing purposes.

Under the packing hopper a pneumatic Fluxo packer is installed. The

cement is packed in paper valve-bags and the filled bags are automatically tipped off the machine as soon as the correct weight is registered. They slide on to sack barrows and are wheeled direct into railway trucks or motor lorries standing along the packing platform.

Coal is brought to the works by rail, and tipped direct into a hopper above the coal crusher. After the preliminary crushing it is, by means of an elevator, lifted to a band conveyor leading to the hoppers in front of the coal driers. The band is arranged at high level inside a gantry (Fig. 10). When the hoppers for the driers are full the coal is discharged from the band-conveyor direct on to the ground, where it is stored until required. The coal is withdrawn from the store by small trucks running in a tunnel underneath, and conveyed to the elevator behind the crusher.

The coal is dried in two rotary coal driers, with feeders immediately under the coal hoppers. The dried coal passes an automatic weigher, and by means of worm conveyors and an elevator is taken to the two tube mills, where it is ground to dust. The coal dust is lifted to two coal-dust hoppers, one for each of the two kilns.

The feeders for measuring coal dust to the kilns are installed under the hoppers (Fig. 11) together with high-pressure fans for blowing coal through the burner pipes. The feeders are driven by variable-speed motors regulated from the burner's platform. To ensure a dust-free working of the coal mill, the dust developed in the driers, conveyors, etc., is collected in a separate dust plant and blown direct into the kilns.

In designing the plant special measures have been taken to prevent dust escaping into the atmosphere. This has been attained by providing large settling chambers wherever dust is developed, for instance, between the kilns and the chimneys, in the coal-drying plant, and in the cement mill.

As already mentioned, most of the machinery is driven by separate electric motors. The power is bought from a power station, and a transformer station (Fig. 12) is provided at the works for transforming from 30,000 to 500 volts.

The output of the whole works is at present 500 tons per day. The works were designed by F. L. Smidth & Co. A/S, of Copenhagen, who also supplied all the plant.

The Finnish Cement Industry during 1929.

The American Commercial Attaché at Helsingfors has issued the following report: "The demand for cement in Finland was reported to have been normal during the first eight months of 1929, when the effects of the decline in the building industry began to be noticeable in the cement industry. The production of cement was considerably curtailed during the last two months of the year owing to a lack of an adequate demand to absorb the normal output of the cement producers of the country. The year's output of the Finnish Cement Producers' Association totalled 1,410,000 barrels as compared with 1,563,500 barrels in 1928."

New Opening for Japanese Cement.

It is reported by the "Japan Chronicle," Kobe, that the Asano Cement Company has booked an order from Mexico for 130,000 barrels of cement. This is the first order received from Mexico by Japanese cement manufacturers.

Notes from the Foreign Press.

Abstracted by J. W. CHRISTELOW, B.Sc.

Air Separated Cement. A. B. Helbig. *Zement*, Vol. 19, p. 237, 1930.

The writer advocates the use of air separation in grinding clinker. Although cement ground with air separation has lower strength than ordinary tube-milled cement, yet by grinding to a greater fineness with air separation, equal strength can be attained with appreciable economy in power consumption over the tube mill. Sieve tests do not give a reliable result for the fineness of a cement. This was shown in an article in Cement and Cement Manufacture (May, 1929), which introduced a new method of fineness testing deserving to become widely known, and which described the air elutriator used by the Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd., of London for investigating the reason for the difference in strength of cements of the same quality and the same fineness on the standard sieves.

Although up to the present grinding with air separation has not come into general favour for clinker, it is generally agreed to be the best process for grinding raw materials. It is not true, as has been stated, that segregation of materials of different densities occurs: the product is quite homogeneous.

Colloidal Cement Hardening. H. Kühl. *Zement*, Vol. 19, p. 262, 1930.

By means of X-ray spectrography it has at last been proved that the hardening of hydraulic cements is purely a colloidal process. The reaction between an artificial, vitreous, blast-furnace slag and caustic soda was chosen for the experiment, for the reason that it was essential to use a hydraulic material

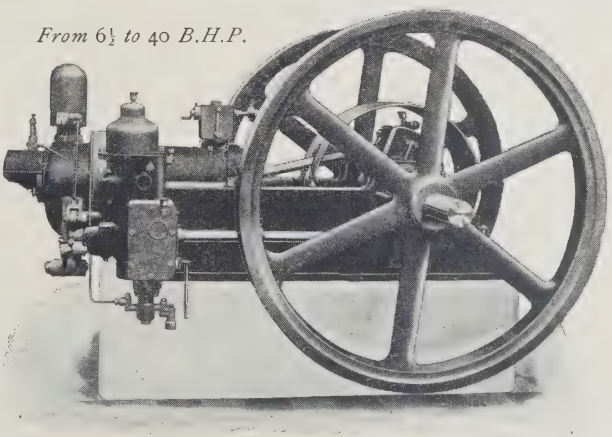
For cheapest power specify RUSTON Engines!

The Ruston Class "M" Engine (here illustrated) runs on refined and heavy oils. It is a proved reliable power unit for high performance at low cost; and is unsurpassed for driving machinery. Also suitable for electrical loads.

Send for FREE catalogue.

Ruston & Hornsby Ltd.
Engineers — Lincoln.

From 6½ to 40 B.H.P.



which was not crystalline, so that any crystallisation occurring on hardening should not be obscured. The reaction between the ground slag and 20 per cent. potash solution gave a product having a tensile strength of 136 lbs. per sq. in. at 3 days. X-ray spectrographs of the original ground slag, and of the reaction products with various concentrations of alkali, after 3 to 4 days storage, showed no trace of crystalline structure. Microscopic examination of the material after 10 days confirmed this result. The research is being continued.

Grinding Tests with a Simple Tube-mill. Grosse, Forderreuther and Rammler. *Zement*, Vol. 19, pp. 189, 214, 1930.

This investigation was undertaken by a joint committee of the Government and the German Portland Cement Manufacturers' Association to elucidate the laws of grinding coal for a simple tube-mill, and thus obtain a basis for projected investigations on tube-mills with air separation. The mill used for the tests was a Polysius 3-compartment mill, 28 ft. long and 4 ft. 8 in. diameter. The first two compartments were charged with steel balls and the third with flints, the total being 5.1 tons. The power consumption running empty was 92 kW, the speed of rotation being 27 r.p.m. A fairly hard Ruhr coal of inferior quality was used.

Throughout the tests the quality, moisture content, and grading of the coal were as far as possible maintained constant; the feed contained 9 per cent. above 7 mm. diameter and 10 per cent. below 0.25 mm. The rate of feed was varied and the effect on fineness and power consumption studied. Six rates of feed were investigated, one of which may be ignored since the mill was overloaded. The tests (each of which lasted 2 to 4 hours) began and ended with the mill fully charged. The output was analysed on sieves having approximately 250, 200, 180, 125, 100 and 80 meshes per linear inch, but the residue on the 180 sieve gave a fair representation of the fineness of the product.

In the five tests the output varied between 0.87 and 3.02 tons per hour, and the residue on the 180 sieve between 3.3 per cent. and 18.5 per cent. The results showed that grinding to less than 15 per cent. residue on the 180 sieve does not appreciably reduce the residues on the 80 and 100 sieves (some 2 per cent.), and is thus of no practical value: on the other hand, the proportion of fine meal is greatly increased by grinding to less than 15 per cent. on the 180 sieve, which requires increased work per unit of output.

As the output is reduced the fineness increases (*i.e.*, the sieve residues are diminished), though not proportionately; equal steps in output reduction correspond to smaller steps in fineness as the fineness increases. Overall power consumption remains practically unchanged whether the mill is running empty or grinding coal; it is even possible that slightly less power may be consumed in the latter case. Thus the work done per unit output varies inversely as the output. It follows that variations in the hardness of the coal will not affect the power consumption, but will show in the different fineness of the product at a given output.

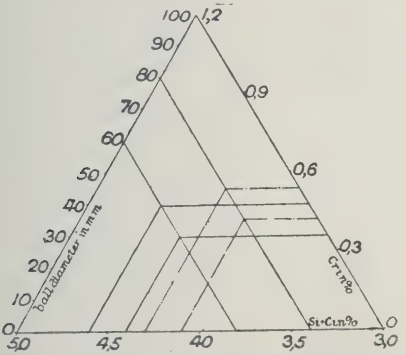
The tests showed also that the moisture content of the coal is an important factor in tube-milling; reducing the moisture content from 3.6 per cent. to 0.5 per cent. enables the output to be almost doubled (*i.e.*, 3 to 5.2 tons per hour), while maintaining the same fineness in the product.

To increase the fineness from 15 per cent. to 5 per cent. residue on the 180 sieve, the output must be reduced in the ratio 100 : 55.5, and the work per unit output increased in the inverse ratio. The investigation indicates that, for the mill and coal used, the best results are given by grinding to 15 per cent. on the 180 sieve, which requires 34 kW-hours per ton.

Cement Patents.

Ball mills for grinding. KRUPP GRUSONWERK AKT.-GES. July 18th, 1929, No. 22150.

Cast-iron grinding-balls, up to 100 mm. in diameter and having a Ledeburitic texture gradually disappearing towards the centre which shows primary cementite, are



made by casting, in sand moulds, iron having the proportion of chromium to silicon plus carbon determined from the diagram Thus for 60 mm. the proportion could be 0.46 per cent. Cr. to 4.6 per cent. Si.+C. or 0.36 to 4.4, while for 80 mm. it could be 0.54 to 4.3 or 0.41 to 4.1.

Rotary Kilns. JORGENSEN, M. VOGEL-, 33, Vestergadé, Copenhagen. August 13, 1928. No. 23,333.

In a rotary cement kiln plant in which chains or like flexible members are fitted in the kiln, or cooler, or in both, a fan or other suction device is fitted between the kiln and the chimney to overcome the resistance offered by the chains, etc., to the passage of

the cooling-air or the products of combustion. The chains (1) are attached at both ends to bars (2), and are made equal to or shorter than the circumferential length of the wall between the points of suspension, measured along the shorter path. The bars may be arranged in longitudinal rows or helically, and they may be twisted so as to promote passage of material.

A plant for handling a particularly hard and abrasive iron ore on the Spanish Morocco coast. The duty is hard and continuous, so that a high efficiency and exceptional robustness are demanded of the handling equipment.

A typical Fraser & Chalmers - Robins Installation.

FRASER & CHALMERS
ENGINEERING WORKS
PROPRIETORS: THE GENERAL ELECTRIC CO LTD
ERITH KENT.

LONDON OFFICE: MAGNET HOUSE, KINGSWAY, W.C.2.
Associated with ROBINS CONVEYING BELT CO. of U.S.A.

The Green Island Cement Co., Ltd.

The Green Island Cement Co.'s consulting engineer, Mr. Henry Pooley, Jun., has now returned to England after a brief visit to Hong-kong. The new works which the company are now erecting will be built upon the site once occupied by a battery of Aalborg kilns with their necessary grinding and brickmaking plant, while the existing dry process plant will be kept in full operation during the construction.

Two units, capable of producing a minimum of 100,000 tons per annum, are now being manufactured by Messrs. Vickers-Armstrongs, Ltd. On the raw side they consist of washmills for clay, jaw crushers and rolls for stone, and combination ball and tube mills for slurry. Integral coolers are to be attached to the kilns, and the cement will be ground in combination ball and tube mills. Provision for both ordinary and rapid hardening cement has been made and the works is so arranged that two or even three more units can be added if required.

An interesting feature of the new plant will be the precautions taken to collect dust and to prevent any escaping to the atmosphere. In the coal mill, cement mill and cement store, suction bag filters of large dimensions will be provided. There will be electrical dust precipitation for the kiln gases. Eight large reinforced-concrete silos will be erected to contain the finished cement.

Electrical Plant for Cement Works.

In figs. 1 and 2 we illustrate plant supplied last year to the Canada Cement Co. for their works in Quebec by Messrs. Bruce Peebles & Co., Ltd. Fig. 1 shows a 75-B.H.P., 550-volt, 450/1,200-R.P.M. pipe-ventilated type light compound-wound D.C. motor with direct-coupled 1.5-kW, 3-phase, 15/40-cycle, 100/266-volt pipe-ventilated type alternator, the whole forming a self-contained unit mounted on a bedplate. This set was one of a large number of motors supplied to the Canada Cement Co., and is used for driving a cement kiln. Fig. 2 shows a 450-B.H.P., 3-phase, 60-cycle, 2,300-volt, 720 R.P.M., pipe-ventilated type synchronous induction motor with direct-coupled pipe-ventilated exciter. The main machine is provided with pedestal type roller bearings and the whole mounted on a combination bedplate to form a self-contained unit. This machine is used for driving hammer rock-crushers. Fig. 3 shows a 1,200-B.H.P., 0.7 power factor leading 550-volt 273-R.P.M. open-type synchronous motor with exciter supplied to the Commonwealth Portland Cement Co., Ltd., of Australia. In addition, the firm has recently manufactured two 750-B.H.P. and two 600-B.H.P. open-type synchronous induction motors for the Southern Portland Cement Co. of Australia.

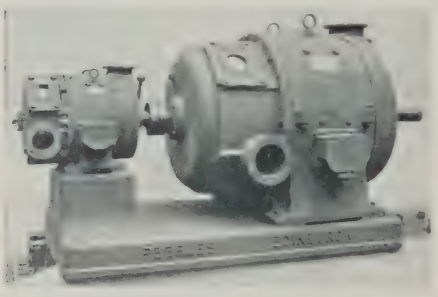


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

VOLUME 3. NUMÉRO 6. JUIN 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
LE JOURNAL INTERNATIONAL DU CIMENT EN QUATRE LANGUES.

PARTIE FRANÇAISE

PUBLIÉ PAR : CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ANGLETERRE.
Publié le 20 de chaque mois. Prix du numéro, 2 schellings.
Abonnement annuel, 24 schellings (Frs. 150), franco.

Le concassage et le broyage préparatoires dans la fabrication du ciment portland.

par A. C. DAVIS.

DIRECTEUR ADMINISTRATEUR DES USINES DES ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.

LE concassage et le broyage sont des opérations qui se renouvellent presque à chaque stade de la fabrication du ciment Portland. Les matières premières, le combustible du four, le gypse, le clinker, dont la mouture termine le cycle, sont l'objet d'opérations ayant pour but de diminuer leurs dimensions. L'énergie totale absorbée par les cimenteries est imputable dans une proportion qui atteint probablement 80 ou 85% aux opérations de concassage et de broyage.

Quand les matières premières sont tendres (craie blanche ou grise, marne, argile de rivière ou de carrière), l'énergie absorbée par le broyage et le délayage est relativement faible. Mais quand les matières premières sont dures (calcaire et schiste) l'énergie nécessaire est bien plus grande.

Les craies blanche ou grise et la marne sont généralement extraites de la carrière au moyen d'un excavateur mécanique et les morceaux qui arrivent à l'atelier de préparation des matières sont bien plus gros que lorsque l'extraction se faisait à la main. Mais ce fait n'est cependant pas très important, car les matières sont " délayées " dans un bassin de délayage, et, en raison de leur nature tendre, il ne reste à proprement parler que peu ou point de concassage ou de broyage à exécuter.

Là où les matières premières sont d'une variété plus dure, il est nécessaire de les concasser, et leur broyage demande à la fois plus de force et de temps. Pour l'extraction des pierres calcaires, l'habitude est de les abattre en gros blocs à l'aide d'explosifs. Quand les blocs sont manutentionnés par des excavateurs mécaniques, ils ne sont limités que par la dimension du godet de l'excavateur, ou celle de l'écartement des mâchoires du concasseur. Quand les blocs sont manipulés à bras d'homme, leur dimension ou leur poids doivent rester dans les limites que l'ouvrier est capable de soulever; on a l'habitude

dans ce cas de limiter la grosseur des blocs à 50 kg. Quand on s'en tient à cette méthode, les mâchoires du concasseur ont une ouverture suffisante s'ils peuvent recevoir des blocs de cette dimension ou de ce poids, étant sous-entendu que la capacité de débit du concasseur est en rapport.

Il existe plusieurs types de concasseurs; chacun d'eux a ses caractéristiques propres, et convient plus particulièrement dans un cas donné. Certaines machines diminuent les dimensions de tous les morceaux dont on les alimente —certaines même les pulvérisent—tandis que d'autres sont sans action sur les morceaux au-dessous d'une dimension déterminée.

Les concasseurs, soit à mâchoires, soit giratoires, donnent satisfaction en tant que machines de concassage des matières premières, tant qu'elles sont dans l'état précédemment décrit, mais une autre machine, de finissage, doit être prévue pour assurer la préparation finale avant d'entreprendre la fabrication proprement dite. Mentionnons qu'un concasseur, quel qu'en soit le type, travaillera toujours plus économiquement qu'un broyeur. L'expérience indique que le travail est réparti de la façon la plus économique entre les concasseurs et les broyeurs, quand les premiers produisent des morceaux admis par l'anneau de 2 cm et refusés par celui de 2,5 cm au moins approximativement. Lorsqu'on dispose de concasseurs qui s'y prêtent, ils doivent préparer les matières destinées aux broyeurs suivant ces dimensions. Les fragments, à la sortie des concasseurs à mâchoires ou giratoires, ont vu leur dimension diminuer dans le rapport approximatif de 4 à 1 ou 4,5 à 1.

Avec les machines du type à percussion, rien ne permet de fixer une limite à la dimension des fragments qu'on y introduit, et rien ne limite non plus le rapport de réduction que ces fragments y subiront. Ce type de machine, pourvu du dispositif d'alimentation convenable, acceptera des blocs de pierre calcaire de 90 cm ou 100 cm par 60 cm, de 75 cm par 45 cm ou 30 cm, à volonté, et donnera avec ces gros blocs de roche un produit qui passera l'anneau de 2,5 cm. Notons que les concasseurs du type à percussion sont caractérisés par leur tendance à produire des fines. Ce fait les rend particulièrement avantageux pour concasser les matières premières destinées aux broyeurs, quel qu'en soit le type.

L'énergie absorbée par une telle machine peut être de l'ordre de 2 ch par tonne si le coefficient de réduction est très grand, et de 0,75 à 1,25 ch par tonne si ce coefficient est faible.

Les concasseurs de tous types demandent essentiellement à avoir une alimentation régulière, pour travailler de façon satisfaisante. Il n'est pas suffisant d'agencer une grande trémie au-dessus de l'entrée du concasseur et d'estimer qu'ainsi le fonctionnement sera satisfaisant, car si l'alimentation n'est pas régulière, le concasseur s'engorgera ou tournera à vide. La trémie doit être disposée à une certaine distance du concassage, et pourvue d'un équipement d'alimentation. Un séparateur magnétique d'un modèle approprié fera partie de l'installation s'il y a lieu de craindre la présence éventuelle de morceaux de métal.

Concasseur à mâchoires.—Ce type de concasseur est le plus ancien en date. Une mâchoire (ou plusieurs) animée d'un mouvement pendulaire travaille conjointement avec une mâchoire fixe, le mouvement étant produit par un excentrique ou un arbre à manivelle, et transmis par des biellettes articulées. Le bâti des machines de petit modèle est généralement en fonte coulée en une seule pièce, mais les machines importantes sont généralement construites en pièces d'acier coulé. La plus grande machine qui ait été construite a une ouverture de mâchoires d'environ 2,5 m par 1,75 m.

Un concasseur à mâchoires travaille effectivement la moitié du temps, quand il est en action. Il convient parfaitement pour les matières dures sèches, cristallisées, et n'ayant pas tendance à créer des engorgements, mais non pour le gypse et les matières tendres analogues. Comme il vient d'être dit, le coefficient de réduction des fragments est d'environ 4 ou 4,5 à 1. L'écartement des stries superficielles des mâchoires doit être en rapport avec la dimension des matières à la sortie. Les stries en V à arêtes vives conviennent le mieux aux matières traitées dans ces machines.

Concasseur giratoire.—Les appareils giratoires ont été introduits plus récemment. Leur durée de travail effectif est strictement égale au temps pendant lequel ils sont en action, mais ils sont plus grands et plus coûteux que les concasseurs à mâchoires, et ne conviennent pas aussi généralement pour tous les cas que ces derniers. Les concasseurs giratoires sont cependant à préférer pour le gypse. S'ils sont destinés au broyage du gypse, la surface de travail doit être de section semi-circulaire ou ondulée, plutôt qu'en forme de V. Le coefficient de réduction est approximativement le même qu'avec les concasseurs à mâchoires, et l'état où se trouvent les matières à la sortie se ressemble dans les deux cas. Un concasseur giratoire a un encombrement plus grand dans le sens vertical qu'un broyeur à mâchoires d'une capacité analogue.

Broyeurs à cylindres.—Il existe plusieurs types de broyeurs à cylindres : à un cylindre, à deux cylindres, à surface unie, à surface cannelée, à cylindre à grande vitesse, à cylindres à faible vitesse actionnés par engrenages, etc.

Les broyeurs à un cylindre à faible vitesse et à transmission par engrenages conviennent pour le concassage de la pierre calcaire et de matières premières analogues. On a construit de telles machines avec une capacité de 300 à 400 t à l'heure. On peut les alimenter avec des blocs pouvant atteindre 85 dm^3, et ils donnent des fragments de 100 cm^3, ou même moins. Ces machines absorbent de 400 à 450 ch. Le concassage est opéré par la surface dentée, striée ou cannelée du cylindre tournant à petite vitesse, qui serre les matières contre une mâchoire fixe. Ces machines sont d'une construction solide, et les fragments qu'elles donnent sont relativement plus petits que ceux des machines précédentes. Leur débit est en outre très grand. La fig. 4 (page 816) représente un de ces broyeurs en coupe.

On se sert quelquefois de broyeurs à deux cylindres concasseurs marchant à grande vitesse, pour fragmenter les morceaux trop grands pour le broyage final. On peut faire passer la totalité des matières destinées à la fabrication par les cylindres, mais les fragments au-dessus d'une dimension déterminée seront seuls concassés. Il serait avantageux d'éliminer auparavant les poudres, en vue de supprimer une cause d'usure non indispensable. Les broyeurs à deux cylindres à surface relativement unie fragmentent les morceaux dans le rapport approximatif de 3 à 1 ; si les surfaces sont cannelées, la fragmentation peut être plus grande.

On a utilisé des broyeurs à deux cylindres, à faible vitesse, pour traiter le charbon destiné aux fours rotatifs, dans le but de le préparer pour l'alimentation des pulvériseurs. La fig. 5 (page 817) montre une de ces machines ayant trois paires d'arbres porte-cylindres, munies de disques dentés. Ces disques sont minces, et maintenus à écartement par des épaisseurs formées par des disques de diamétre moindre à surface finement striée. La denture est plus accentuée et d'un pas plus grand pour les cylindres supérieurs que pour les cylindres inférieurs. Il y a lieu de noter que, pour chacune des deux paires de cylindres de tête, les arbres tournent à des vitesses différentes, tandis que les deux arbres inférieurs tournent à la même vitesse. Comme le charbon est une matière relativement peu abrasive, il n'y aurait aucun inconvénient à

resserrer les cylindres supérieurs, et à démonter les deux cylindres inférieurs, malgré présence de fragments ayant encore à être concassés, mais il faut alors s'attendre à voir 15% des fragments conserver une dimension plus grande que celle que leur aurait donnée la dernière paire de cylindres. L'énergie absorbée par une machine de ce genre est faible, et de l'ordre de 1,25 à 1,5 ch par tonne, mais si le charbon est relativement menu, et qu'on ne mette en marche que la paire de cylindres du bas, on aurait certainement un chiffre inférieur. Dans ce cas, l'énergie absorbée pour la rotation des cylindres serait plus grande que l'énergie nécessaire à l'écrasement lui-même; on pourrait alors admettre sans risque d'erreur 0,7 à 0,8 ch par tonne.

Concasseur à percussion.—Les concasseurs de ce type comportent un ou deux croisillons percuteurs. Comme il a déjà été dit, quelle que soit la grosseur des blocs que reçoit la trémie d'alimentation, ces machines donneront à la sortie des fragments d'une dimension déterminée. Les dimensions du vide entre les barreaux de la grille n'ont pas d'influence réelle sur la grosseur des fragments. Comme le mouvement des percuteurs se fait transversalement aux vides de la grille, les matières qui les traversent sont d'une dimension notablement inférieure à ces derniers. La fig. 6 (page 818) donne une coupe par une machine à double croisillon percuteur; la différence de la dimension des matières à l'entrée et à la sortie est la caractéristique de la machine. Le système d'alimentation joue un rôle important dans le fonctionnement, et un concasseur de ce type ne donnerait pas satisfaction s'il n'était convenablement alimenté.

Concasseur à cône oscillant.—Les concasseurs à cône oscillant sont du type horizontal ou vertical. La fig. 7 (page 819) donne la coupe d'une machine horizontale. Le fonctionnement de ces machines est effectif pendant toute la durée de leur marche. Elles fragmentent les matières dans un rapport relativement faible, soit 3,5 ou même 3 à 1. Elles réduisent les matières dépassant une dimension déterminée à une grosseur qui dépend du réglage initial de la machine, sans diminuer les fragments déjà ramenés à cette dimension. Le concassage résulte de la pression qui s'exerce entre deux surfaces lisses, évasées ou concaves. La pression provient du mouvement pendulaire de l'extrémité du battant, résultant lui-même de l'excentricité de l'alésage de la poulie. Les machines des deux types présentent une grande surface de travail, et elles fonctionnent très longtemps sans qu'il y ait lieu de remplacer les surfaces soumises à usure.

Dans ces considérations sur les concasseurs, on a envisagé surtout les calcaires et les matières analogues; les mêmes remarques s'appliquent toutefois entièrement aux schistes et aux autres matières de même nature. Après concassage, on élève ou on transporte d'habitude les matières concassées aux trémies, silos, ou accumulateurs, où elles restent prêtes à être acheminées sur les moulins de finissage.

La mouture se fait soit en une, soit en deux opérations. Pendant de longues années, le broyage bi-étagé a eu la préférence, le broyeur de tête étant pourvu d'un crible ou d'un dispositif analogue, en vue de limiter la dimension des fragments qu'il débite. La décharge de ce moulin alimente le broyeur finisseur, qui ne comporte aucun tamis. On se rendra compte que dans le broyage en deux opérations, le résidu donné par la décharge du broyeur finisseur est fonction du résidu du broyeur de tête, et de la capacité de broyage du broyeur finisseur.

Pendant ces dernières années, des progrès considérables ont été accomplis dans le broyage en une opération par des broyeurs de grande dimension. On

a construit et mis en service des tubes broyeurs de 2,5 m de diamètre et de 12 ou 13,5 m de longueur. La charge de ces machines est de 50 ou 55 t, et elles absorbent de 700 à 800 ch. S'ils sont équipés et actionnés d'une façon adéquate, les broyeurs de cette dimension peuvent réduire par heure de 15 à 20 t de calcaire en boue. Le rendement exact dépend naturellement de leur réglage, de la dureté de la matière, et du résidu final toléré. Les broyeurs doivent être divisés en trois ou quatre compartiments, généralement pourvus de boulets de différentes dimensions, comme l'indique la fig. 8 (page 820) ; différentes modifications de détail peuvent être suggérées par les conditions d'humidité. Par le broyage en une seule opération, on réduit le coût et on simplifie l'agencement des grandes installations, mais il semble difficile d'en obtenir, en chevaux-vapeur par tonne et à résidu égal, le même rendement que par le broyage en deux opérations.

Le broyage des matières premières est le plus généralement exécuté à l'état humide, ce qui revient à dire qu'on ajoute suffisamment d'eau aux matières pendant le broyage préparatoire pour obtenir des boues du degré d'humidité nécessaire à la sortie des broyeurs finisseurs. Les matières premières, par suite de la différence de leur plasticité, nécessitent des pourcentages d'eau différents. Un mélange de craie tendre et d'argile, par exemple, demande une quantité d'eau de l'ordre de 40 à 42% ; si la teneur en eau était de beaucoup inférieure à ce chiffre, la consistance de la pâte porterait préjudice au fonctionnement de la pompe, et soumettrait la conduite de refoulement à une pression excessive. Dans le cas de boues provenant de matières premières dures, telles que la pierre calcaire, l'addition de 34 ou 36% d'eau donnerait un résultat comparable aux 40 ou 42% mentionnés ci-dessus. Dans tous les cas, l'addition d'eau fait partie de l'alimentation générale de la machine.

On n'attachera jamais trop d'importance à la régularité de la finesse de broyage des matières premières pour produire du ciment de haute qualité. Le résidu habituel des tamis de 4 900 et 6 400 mailles doit être respectivement de l'ordre de 2 à 3%, et 4 à 5%.

On a déjà dit que l'énergie absorbée par les matières dures était bien plus grande que dans le cas des matières plus tendres. La puissance nécessaire pour broyer la craie de qualité tendre et l'argile, avec le résidu indiqué, est de l'ordre de 8 à 10 KW par t. Le chiffre correspondant pour les matières premières de la classe des calcaires, broyées avec le même résidu, atteindrait 35 ou 40 KW par t, selon la dureté et le résidu.

Dans le procédé sec, on a l'habitude de procéder d'abord au séchage des matières premières, et de les broyer à sec, au lieu de le faire à l'état humide, comme il a été décrit ci-dessus. Lorsqu'on exécute le broyage à sec, il semble que la puissance absorbée par tonne soit plutôt plus grande.

Avis.

Tous les articles publiés en quelque langue que ce soit dans Cement and Cement Manufacture, sont rigoureusement de propriété littéraire, et ne peuvent être reproduits dans d'autres journaux, ou sous forme de catalogues, sans l'autorisation des propriétaires : Concrete Publications Limited, 20, Dartmouth Street, Westminster, Londres, S.W.1, Angleterre.

Le nouveau cahier des charges Espagnol pour les fournitures de ciment.

Nous donnons ci-dessous un résumé des plus récentes spécifications espagnoles concernant les ciments, approuvées le 25 Février 1930. Elles s'appliquent à tous les ciments fabriqués ou importés en Espagne, et annulent les spécifications précédentes ayant le même objet.

Ciment Portland.

Définition.—Le ciment Portland est le produit finement moulu, obtenu par le cuisson jusqu'au début de sa fusion d'un mélange intime, artificiel, et convenablement dosé, de matières calcaires et argileuses, sans autre addition que du gypse en quantité non supérieure à 3%.

Composition chimique.—Le poids du résidu insoluble ne devra pas dépasser 1,5%. La silice gélatineuse ne sera pas considérée comme insoluble. Le rapport (en poids) entre la chaux et la teneur totale en silice, alumine et oxyde de fer sera compris entre 1,8 et 2,3.

Le rapport (en poids) entre la silice et l'alumine ne sera pas inférieure à 2,5. Les quantités (en poids) de magnésie et d'anhydride sulfurique ne dépasseront pas respectivement 5% et 2,5%; ces deux constituants n'excèderont pas 6,5% au total.

La teneur totale en soufre n'excèdera pas 1,25%.

La quantité d'eau contenue dans le ciment n'excèdera pas 2% en poids, et la perte au feu ne dépassera pas 4%.

Le prélèvement d'échantillons et l'expédition de ces derniers au laboratoire officiel se fera dans les quinze jours de la date de livraison.

Essai de finesse.—Les résidus maximum en poids seront les suivants:

Pour le tamis de 900 mailles au centimètre carré (tamis anglais No. 76), 1%.

Pour le tamis de 4 900 mailles au centimètre carré (tamis anglais No. 180), 16%.

Poids spécifique.—Le poids spécifique du ciment sec ne sera pas inférieur à 3,05.

Temps de prise.—Le début de la prise de la pâte de ciment pur, de consistance normale, ne se fera pas avant 45 minutes, calculées à partir du moment du gâchage, et la fin de la prise ne demandera pas plus de 12 heures.

Invariabilité de volume.—La pâte de ciment pur de consistance normale aura un volume constant. Cette propriété sera déterminée par l'examen de pâtes conservées à l'air, dans l'eau potable, et soumises à l'épreuve de l'ébullition.

Resistance.—La résistance minima à la traction de briquettes de mortier composées de une partie de ciment et de trois parties de sable normal en poids, sera la suivante:

A 7 jours: 1 jour à l'air humide, 6 jours dans l'eau potable, 19 Kg/cm².

A 28 jours: 1 jour à l'air humide, 27 jours dans l'eau potable, 23,5 Kg/cm².

La résistance minima à la compression de cubes de mortier composé de une partie de ciment et de trois parties de sable normal en poids, sera la suivante:

A 7 jours: 1 jour à l'air humide, 6 jours dans l'eau potable, 190 Kg/cm².

A 28 jours: 1 jour à l'air humide, 27 jours dans l'eau potable, 280 Kg/cm².

Ciment alumineux.

Définition.—Le ciment alumineux est obtenu par la cuisson d'un mélange intime ayant comme éléments essentiels la bauxite et le carbonate de chaux,

étant entendu que la teneur en alumine du produit qui en résulte ne sera pas inférieure à 40%, et que l'oxyde de fer ne dépassera pas 12%.

Finesse de mouture.—Le résidu sera inférieur à 0,5% sur le tamis de 900 mailles, et inférieur à 6% sur le tamis de 4 900 mailles.

Poids spécifique.—Le poids spécifique excédera 3,05.

Temps de prise.—Le ciment ne sera pas sujet à faire le début de sa prise en moins de 30 minutes, et devra avoir accompli la fin de sa prise dans les quatre heures qui suivent le gâchage.

Invariabilité de volume.—Les galettes en pâte de ciment pur, ayant une teneur en eau déterminée par des épreuves préalables, ne présenteront pas de fissures superficielles après la prise.

Résistance.—Les éprouvettes en forme de huit, confectionnées en ciment pur, montreront une résistance moyenne à la traction, déterminée sur une série de six éprouvettes, non inférieure à 28 Kg/cm² après 24 heures, et 60 Kg/cm² après 3 jours.

Le béton confectionné avec des petites pierres (entre 9,5 et 19 mm), et du sable siliceux de 1 à 1,5 mm, malaxé dans proportion de 850 litres de petites pierres, 400 litres de sable, 300 Kg de ciment et 130 litres d'eau, et damé à l'aide d'une masse de 1,5 Kg tombant 30 fois de 20 cm de hauteur, donnera une résistance à la compression supérieure aux chiffres suivants :

A 24 heures : 220 Kg/cm²
A 28 jours : 230 Kg/cm².

Ciment portland a durcissement rapide.

Définition.—Le ciment Portland à durcissement rapide est un ciment donnant rapidement une résistance élevée et constitué par les éléments essentiels du ciment Portland en proportions qui peuvent varier de celles de ce dernier matériel, étant entendu que la teneur en soufre, en magnésie et en anhydride sulfurique n'excèdera pas la limite admise pour le ciment Portland, et que les additions ne dépasseront pas 6%.

Finesse de mouture.—Les ciments laisseront un résidu inférieure à 0,5% sur le tamis de 900 mailles, et de 6% sur le tamis de 4 900 mailles.

Poids spécifique.—Le poids spécifique dépassera 3,05.

Temps de prise.—Le ciment ne sera pas sujet à faire le début de sa prise en moins de 30 minutes, et devra avoir accompli sa prise dans les dix heures qui suivent le gâchage.

Invariabilité de volume.—La pâte normale de ciment pur aura un volume constant, et sa qualité sera déterminée sur des galettes séchées à l'air et soumises à l'épreuve de l'ébullition.

Résistance.—Avec des mortiers 1 à 3, confectionnés avec du sable siliceux de 1 à 1,5 mm, la résistance à la traction atteindra les chiffres suivants :

A 3 jours : 25 Kg/cm²
A 7 jours : 30 Kg/cm²
A 28 jours : 38 Kg/cm².

La résistance à la compression sera la suivante :

A 3 jours : 250 Kg/cm²
A 7 jours : 350 Kg/cm²
A 28 jours : 450 Kg/cm².

Les essais de béton se feront sur des cubes de 200 mm confectionnés dans la proportion de 400 litres de sable siliceux de 1 à 1,5 mm, 840 litres de petites pierres de 10 à 20 mm, 130 litres d'eau et 300 Kg de ciment, après avoir damé la pâte avec une masse de 5 Kg tombant d'une hauteur de 200 mm sur

une plaque recouvrant d'éprouvette. Après avoir laissé la masse tomber 20 fois, le béton aura la résistance suivante : à 2 jours : 180 Kg/cm² ; à 7 jours : 230 Kg/cm².

Ciment de laitier.

Définition.—Le ciment de laitier est un produit hydraulique, obtenu par la mouture de laitier de haut fourneau granulé avec une quantité minima de 15% (en poids) de clinker de ciment Portland, ces deux produits étant moulus simultanément en vue d'obtenir un mélange intime. Le rapport entre les éléments constitutifs remplira la condition suivante :

$$\frac{CaO + MgO}{SiO_2 + \frac{1}{3} Al_2O_3} > 1.$$

Les additions faites en vue de régler le temps de prise ne dépasseront pas 3% en poids.

Finesse de mouture.—Le résidu laissé sur le tamis de 900 mailles sera inférieur à 1%, et sur celui de 4 900 mailles inférieur à 12%.

Poids spécifique.—Le poids spécifique dépassera 3,05.

Temps de prise.—Le ciment ne sera pas sujet à faire le début de sa prise en moins de une heure, et devra avoir accompli la fin de sa prise dans les douze heures qui suivent le gâchage.

Invariabilité de volume.—L'épreuve d'invariabilité de volume est la même que pour le ciment de Portland, c'est-à-dire qu'avec une pâte normale, on confectionnera sur des plaques de verre bien propres trois galettes d'environ 100 mm de diamètre, ayant 16 mm d'épaisseur au centre, et diminuant progressivement jusqu'à zéro à la périphérie. On laissera une de ces galettes durcir dans l'air humide, la seconde sera immergée dans l'eau potable après 24 heures, et la troisième soumise à l'épreuve de l'ébullition, en portant la température de l'eau à 100° dans le délai d'une demi-heure, et en maintenant cette température pendant deux heures et demie.

Les deux premières galettes seront essayées à 7 et à 28 jours, et toutes les déformations devront être enregistrées. Si l'épreuve d'ébullition est satisfaisante, le ciment sera considéré comme ayant un volume stable ; s'il ne donne pas satisfaction, le ciment ne sera pas refusé jusqu'à ce qu'il ait été soumis à l'essai à froid, qui sera décisif.

Pendant la confection et le durcissement des galettes, la température de l'air et de l'eau sera maintenue entre 15° et 18°, l'air ambiant étant humide, et on se mettra à l'abri des courants d'air.

Résistance.—La résistance à la traction du mortier de 1 à 3 dépassera 17 Kg/cm² au 7ème jour et 20 Kg/cm² au 28ème jour.

Pour la résistance à la compression, le mortier 1 à 3 résistera à une pression de 170 Kg/cm² à 7 jours et 210 Kg/cm² à 28 jours.

Ciments pouzzolaniques.

Définition.—Les ciments pouzzolaniques sont formés par l'addition de pouzzolane au ciment Portland.

Pouzzolane.—Au point de vue de ces spécifications, la " pouzzolane " est considérée comme un produit naturel ou artificiel qui, mélangé avec chaux, donne un composé ayant les propriétés spécifiques du ciment.

Finesse de mouture.—Le ciment pouzzolanique aura le même degré de finesse que le ciment Portland.

Invariabilité de volume.—Le ciment pouzzolanique remplira les conditions contenues dans ces spécifications pour le ciment Portland.

Résistance.—Les résistances seront égales à celles du ciment Portland,

diminuées de 20%. La teneur du ciment en chaux libre sera mesurée, et devra diminuer graduellement pour devenir inférieure à 30% en un mois.

Ciment Zumaya.

Définition.—Le ciment Zumaya est du ciment naturel à prise rapide, résultant de la cuisson de la marne sans aucune addition d'autres matières premières avant cuisson. Le ciment Zumaya est obtenu par la cuisson de marnes de la composition suivante:

Silice	17,5 à 23 pour cent
Oxyde de fer	1,5 à 3 ,,
Alumine	6,5 à 11 ,,
Chaux	33,5 à 37 ,,
Magnésie	0,0 à 1,5 ,,

On procède à la cuisson de ces marnes après leur avoir ajouté du lignite dans la proportion de 300 à 350 Kg par tonne de ciment obtenue, la composition du combustible étant la suivante:

ANALYSE IMMÉDIATE.

Eau	2,30 à 5,50 pour cent
Eléments volatils	6,00 à 13,00 ,,
Cendres	66,00 à 71,00 ,,
Carbone non volatil	15,00 à 21,00 ,,
Pouvoir calorifique	1400 à 1660 cal/Kg

ANALYSE ELEMENTAIRE.

Carbone non volatil	15,00 à 21,00 pour cent
Hydrogène	1,00 à 1,5 ,,
Azote	0,00 à 1,0 ,,
Soufre	0,00 à 3,8 ,,
Oxygène	4,5 à 6,0 ,,

Les lignites dont on se sert comme combustible produisent des cendres qui constituent des produits d'addition, et dont la composition est la suivante:

Silice	45,0 à 58,0 pour cent
Alumine	20,0 à 30,0 ,,
Oxyde de fer	0,0 à 13,0 ,,
Chaux	5,0 à 8,0 ,,
Magnésie	0,0 à 1,75 ,,
Autres alcalis	0,0 à 2,00 ,,
Anhydride sulfurique	5,0 ,,

Analyse chimique.—Le ciment Zumaya ne contiendra pas plus de 3,5% d'anhydride sulfurique, ni une teneur en magnésie plus forte que 1,5%, et la perte au feu ne dépassera pas 10%.

Durée de prise et invariabilité de volume.—La prise du ciment Zumaya débutera dans le délai de 3 à 15 minutes, et sera terminée dans le délai de 5 à 25 minutes. Ce ciment sera soumis aux même épreuves à froid que le ciment Portland, en vue de déterminer la stabilité de son volume, et il ne fera preuve d'aucune variation pendant une période de sept jours.

Finesse de mouture.—Au tamis de 330 mailles, le ciment Zumaya donnera un résidu inférieur à 4%. Au tamis de 900 mailles le résidu sera inférieur à 17%. Au tamis de 4900 mailles, le résidu n'excèdera pas 34%.

Résistance.—Les éprouvettes, tant à l'essai à la tension qu'à l'essai à la compression, seront des dimensions habituelles adoptées pour le ciment Portland, mais on ne se servira que de la pâte pure normale avec 50% d'eau. Les

éprouvettes durciront à l'air la première journée, elles seront ensuite immergées dans l'eau potable, et soumises aux mêmes conditions de température, de pression et d'humidité que celles adoptées pour le ciment Portland.

Les épreuves ne porteront que sur les essais du 7éme et 28éme jour.

Résistance minima a la traction.—Durcissement a L'air.—A 7 jours: 8 Kg/cm²; à 28 jours: 10 Kg/cm².

Durcissement dans l'eau.—A 7 jours: 6 Kg/cm²; à 28 jours: 10 Kg/cm².

Résistance minima a la compression.—Durcissement a l'air.—A 7 jours; 35 Kg/cm²; à 28 jours: 40 Kg/cm².

Durcissement dans l'eau.—A 7 jours: 30 Kg/cm²; à 28 jours: 35 Kg/cm².

Comparaison.

La comparaison de ces nouvelles spécifications avec le précédent cahier des charges (daté du 27 Mai 1919) fait ressortir les modifications suivantes:

Définition.—Il est spécifié que le gypse n'est qu'une matière d'addition pour le ciment Portland.

Composition chimique.—En établissant la proportion entre la chaux et les éléments spécifiques du ciment, on a tenu compte de l'oxyde de fer, qui auparavant n'avait pas été pris en considération. La teneur maxima en magnésie tolérée s'est augmentée de 3 à 5%. La limite prescrite au cas où l'on se trouve également en présence d'anhydride sulfurique a augmenté de 5% à 6,5%. La teneur totale de soufre tolérée a augmenté de 1 à 1,25%.

Finesse de mouture.—Les résidus sont l'objet de la diminution suivante: sur le tamis de 900 mailles, de 3 à 1%. Sur le tamis de 4900 mailles, de 25 à 16%.

Durée de prise.—Comme limite maxima pour le début de la prise, on a spécifié 45 minutes au lieu de 30, comme auparavant. Pour la fin de la prise, on a substitué un maximum de 12 heures aux 4 et 14 heures admises auparavant.

Résistance.—La résistance à la traction des briquettes de mortier 1:3, durcies dans l'eau, est augmentée comme suit: A 7 jours, de 16 à 19 Kg/cm²; à 28 jours, de 20 à 23,5 Kg/cm².

La résistance à la compression des briquettes de mortier 1:3, durcies dans l'eau, a augmenté comme suit: A 7 jours, de 140 Kg/cm² à 190 Kg/cm²; à 28 jours, de 180 Kg/cm² à 280 Kg/cm².

Les nouvelles spécifications s'appliquant aux fournitures de ciments à haute résistance sont divisées en deux classes, ayant trait au ciment alumineux et au ciment Portland à durcissement rapide. Jusqu'à ce jour cette spécification n'avait pas encore fait l'objet d'une réglementation en Espagne.

Au sujet des annonces.

Le texte de l'annonce doit parvenir à cet office au plus tard le 25 du mois précédent celui de la parution. Dans le cas où un nouveau texte ne serait pas parvenu à cette date, les éditeurs se réservent le droit de reproduire le texte précédent.

Dans le cas d'annonces devant être imprimées en plus d'une seule langue, on doit fournir soi-même les traductions. Si on le désire, les éditeurs se chargent de ce travail de traduction, mais il est entendu qu'ils ne pourraient assumer aucune responsabilité en ce qui concerne l'exactitude de la traduction.

Revue bibliographique.

" Some Writers on Lime and Cement from Cato to the Present Time."
Par Charles Spackman. (Cambridge : Heffer. Prix 15 sh.)

L'auteur de ce livre dispose d'une bibliothèque unique en son genre spécialisée dans la littérature du ciment, et il met ce trésor à la portée de ses lecteurs en donnant un résumé succint du contenu de chaque volume ou brochure, et en insistant sur tout ce qu'ils contiennent d'intéressant, avec détails à l'appui, plus particulièrement quand il s'agit des faits saillants de l'histoire du ciment et de son ancêtre, la chaux. L'auteur a ainsi dressé un tableau d'un grand intérêt pour le fabricant de ciment, et les renseignements qu'il donne sont d'une valeur inestimable pour quiconque étudie la question du ciment, car la bibliographie qui complète l'ouvrage est très étendue, et avec quelque discernement, elle permet de choisir les ouvrages dont on a besoin pour le but envisagé. Le fabricant peut tirer parti de ce livre ; il saura ainsi si quelque contribution à la littérature du ciment dans une langue autre que la sienne n'est pas venue à sa connaissance, et il se rendra compte de la lenteur pénible avec laquelle certaines branches de cette industrie ont progressé.

Vitruve, par exemple, qui vivait dans les premières années de l'ère chrétienne, a émis des considérations sur la valeur comparée des matériaux pouzzolaniques naturels et artificiels (briques et tuiles pilées) employés conjointement avec la chaux, et on peut se demander quel progrès on a fait pendant ces 1900 années dans l'application scientifique de cette découverte. On est stupéfait d'apprendre qu'en 1808, pour construire un phare, on appréciait la pouzzolane à un tel point qu'on l'a payée jusqu'à L. 15 sterling par tonne. Ce n'est qu'à partir de 1778 que l'on a fabriqué sciemment de la pouzzolane par cuisson de schistes argileux —par opposition à l'emploi de briques ou de tuiles pilées.

Une brochure publiée en 1774 a pour titre " Essais pratiques . . . . concernant une Pierre artificielle . . . . pour la confection des ornements d'architecture." Il est probable que peu de fabricants de produits en ciment se rendent compte que leur industrie date de si loin. Le dosage du beton, basé sur la mesure des vides, a été proposé par George Semple, architecte à Dublin, dans un livre publié en 1776.

Une note intéressante a trait à l'idée erronée, datant d'une époque reculée, qu'on ne pouvait obtenir de bonne chaux en partant d'une pierre calcaire *dure*. Smeaton, qui doit sa réputation au phare d'Eddystone, a montré qu'on obtenait la chaux la plus résistante en partant de la craie grise (inférieure) mais on s'est trouvé dans la nécessité de désigner cette chaux sous le nom de " pierre grise " pour assurer son introduction sur le marché. Cette dénomination dure jusqu'à ce jour.

Le nom de de Morveau, chimiste français, né en 1737, mérite d'être signalé parce que antérieurement à Vicat, il a inventé la chaux hydraulique artificielle, autrement dit le ciment par la cuisson d'un mélange finement moulu de carbonate de chaux, d'argile et d'oxyde de manganèse. Mais de Morveau a commis une erreur en attribuant la résistance du produit obtenu au manganèse.

L'ouvrage rappelle un livre de Daudin, publié en 1808, dans lequel se trouve la description d'un broyeur malaxeur de mortier, contenant en germe l'idée de la betonnière ; le prix de la machine, compris entre 700 et 800 francs, est indiqué,

et il est spécifié non seulement que la dépense est récupérée en quatre mois, mais encore que le mortier obtenu est d'une meilleure qualité.

Une remarque amusante figure dans un livre de Fleuret, datant de 1807; l'auteur prétend que la vapeur qui se dégage quand on éteint la chaux est un stimulant pour l'appétit et qu'elle devrait par suite être retenue dans la chaux dans le but de concourir à son durcissement!

Il est surprenant que le conseil, qu'il y a lieu de donner si fréquemment de nos jours, d'éviter l'emploi d'un excès d'eau, et de tremper dans l'eau les pierres et les briques avant d'appliquer le mortier, se trouve déjà imprimé il y a un siècle.

Il serait possible de citer d'autres remarques d'un intérêt général et technique, qui abondent dans ce livre. On peut y suivre la genèse et le développement de bien des idées qui sont considérées comme modernes, mais il n'y a rien de nouveau sous le soleil, et les ponts, les maisons et les conduites en béton ne sont pas des créations du vingtième siècle, comme on pourrait le croire. C'est un livre qu'on peut lire presque d'une traite, et auquel on revient avec intérêt. On verra quelle est la faible importance de la littérature anglaise sur les recherches concernant le ciment, ce qui nous oblige à signaler l'erreur commise en attribuant une brochure sur la prise du ciment à la Portland Cement Association, quand elle devrait l'être à la British Portland Cement Research Association.

S.G.S.P.

Henry Le Chatelier.

Messieurs.—Comme suite à ma lettre du 15 Mars, et n'ayant pas trouvé que " Cement " soit revenu depuis son numéro de Décembre sur la notice incomplète consacrée aux travaux de M. Henry Le Chatelier, je me permets de vous envoyer le bref résumé ci-joint, qui pourra donner à vos lecteurs une idée plus exacte de la vie et des travaux de l'illustre savant.

Reçu premier à l'École Polytechnique en 1869, Henry Le Chatelier est nommé en 1877, Professeur de Chimie à l'École des Mines de Paris, et publie en 1881 sa thèse de Doctorat sur la " Constitution des Mortiers Hydrauliques " qui eut le plus grand retentissement. En même temps il poursuivait, en collaboration avec Mallard, de nombreuses recherches sur l'inflammation des mélanges gazeux et sur la chaleur spécifique des gaz aux hautes températures. Un peu plus tard, en 1888, il fait paraître ses " Recherches sur les équilibres chimiques," autre travail capital de physicochimie.

En 1898 il passe au Collège de France, et, devant un auditoire plus étendu, il aborde l'étude scientifique de divers problèmes industriels, en particulier les alliages métalliques et la mesure des températures élevées, auxquels il consacrait d'autre part de nombreuses et importantes recherches. En 1907 il est nommé Professeur à la Sorbonne, aprés la mort de Moissan. La première année de son cours a été publiée sous le titre " Leçons sur le carbone." En 1908 il est élu membre de l'Académie des Sciences.

Les recherches de H. Le Chatelier embrassent un champ très étendu. On peut en diviser comme suit les domaines les plus importants.

Recherches théoriques sur les principes fondamentaux de l'Energétique. L'étude des principes de la thermodynamique et de leur application à la Chimie

a été l'une des préoccupations constantes de H. Le Chatelier, et lui a permis d'énoncer en particulier l'importante " loi du déplacement de l'équilibre " qui porte son nom.

En 1899 il a traduit en français, commenté et développé le travail inconnu à cette époque de Williard Gibbs sur la loi des phases, devenue depuis le guide indispensable de l'étude des équilibres chimiques. L'étude des lois du rayonnement lui a d'autre part permis de réaliser la construction d'un pyrométre optique dont le principe est encore appliqué dans les appareils les plus récents.

Recherches sur les alliages métalliques, fusibilité, conductibilité électrique, dilatation, micrographie, etc. Non content d'étudier lui-même cette question, il a formé une phalange de nombreux élèves dont beaucoup sont devenus des maîtres à l'heure actuelle. Il a créé une revue spécialement consacrée à l'étude des alliages et à leur application, la Revue de Métallurgie. Son dispositif de microscope métallographique est universellement employé, ainsi que le galvanomètre double Saladin-Le Chatelier, d'un emploi si commode pour la détermination des points critiques.

Recherches sur la mesure des températures élevées, qui ont abouti à la création du pyromètre optique cité plus haut et du couple thermoélectrique platine-platine rhodié, d'un emploi absolument général. H. Le Chatelier s'est toujours préoccupé des applications pratiques de ses découvertes, professant et montrant par l'exemple que tout en étant désintéressée, la science ne doit pas être stérile, mais au contraire viser à l'amélioration constante de nos moyens d'action. Dans cet ordre d'idées, aux études et aux applications déjà citées, il faut ajouter ses recherches sur l'inflammabilité des mélanges gazeux et les chaleurs spécifiques des gaz à haute température, sur le grisou et les explosifs, sur le chauffage industriel, enfin sur les silicates et leurs applications : céramique, verrerie et liants hydrauliques.

Ce dernier point de vue, qui intéresse principalement les lecteurs de Cement and Cement Manufacture, a été l'objet de son premier travail, sa thèse de 1881, qui représente incontestablement le mémoire le plus important paru sur le sujet, et dont les conclusions se sont trouvées de plus en plus vérifiées par les travaux les plus récents. Depuis cette époque, jusqu'à l'heure actuelle, H. Le Chatelier n'a cessé de s'intéresser aux ciments et de publier de nombreuses études sur la théorie de la prise et du durcissement, sur l'extinction des chaux et ciments, sur leur gonflement, sur leur décomposition par l'eau de mer et les eaux sulfatées, sur les propriétés des ciments alumineux, etc.

Mentionnons enfin que ce savant s'est fait en France l'apôtre des doctrines de Taylor sur l'organisation rationnelle du travail.

E. RENGADE, Dr. es Sc.

Directeur du Laboratoire Central de la S.A. des Chaux et Ciments de Lafarge et du Teil.

Conversion des mesures dans les traductions.

Dans tous les articles traduits, les unités de poids, de longueur, etc., sont approximativement traduites en unités anglaises ou métriques.

La réunion de l'association des fabricants de ciment portland allemands.

L'Association des fabricants de ciment Portland allemands a tenu sa réunion générale annuelle du 20 au 22 Mars; les délibérations de la première journée ont été réservées aux questions d'ordre intérieur du ressort de l'Association et les deux autres journées ont été consacrées comme d'habitude aux conférences scientifiques et techniques, dont le sujet offre un intérêt général, et qui fournissent une nouvelle preuve de la valeur du travail de l'Association, dont la chimie du ciment tire le plus grand bénéfice.

La concrétion des matieres premières, dans la cuisson du ciment: rapport de M. Haegermann.—Le rapporteur a cherché à mettre au point une méthode permettant de se rendre compte des conditions dans lesquelles s'effectue la concrétion des différentes matières premières, en vue de compléter les travaux de Commission des fours. La comparaison habituelle, basée sur la fusion des cônes de Seger, n'aurait donné aucun résultat, car le ciment n'entre en fusion qu'à des températures très élevées, et qu'il s'agissait dans le présent cas de noter des températures pouvant atteindre 1,500° C. Les essais de cuisson ont donné des courbes présentant des inflexions très nettes, coïncidant avec la transformation en vapeur de l'eau incorporée mécaniquement et de l'eau d'hydratation, et avec la mise en liberté de l'acide carbonique et le début de la réaction exothermique. La courbe s'infléchit de nouveau lors de la mise du four hors feu, et ce point remarquable est dû au phénomène qui provoque la concrétion, la fusion complète d'une partie de la masse. Le point qui caractérise la concrétion, que ces essais ont permis de relever, se trouve entre 1 275 et 1 295° C.

Comme autre phénomène susceptible de caractériser une cuisson parfaite, on avait envisagé la contraction, mais on n'a pu obtenir de résultats satisfaisants, même avec un appareillage élastométrique construit spécialement. La détermination de la densité n'a pas fourni non plus un critérium sûr.

Dans une autre série d'essais, on a chauffé la masse successivement à 1 325°, 1 375°, 1 425° et 1 475° C., chaque température étant maintenue pendant 20 minutes. Les échantillons prélevés ont été examinés à la suite de chaque chauffage, au point de vue de leur teneur en chaux libre, suivant le procédé de Emele; on admettait que si la cuisson était parfaite, le produit obtenu ne devait plus contenir de chaux libre. Mais on s'est rendu compte que ni cet essai, ni l'épreuve de l'ébullition ne fournissaient de données sûres permettant d'apprécier la qualité de la cuisson. Il semble donc que la finesse de mouture et la composition chimique de la farine brute jouent ici le rôle le plus important.

Pour mettre en évidence le rôle de la finesse de mouture, on a fait deux tas avec une farine brute, en se servant d'un tamis de 10 000 mailles au centimètre carré. Après cuisson, la partie admise par le tamis avait une teneur en chaux libre de 0%, et le refus une teneur de 3,16%. Il était donc nécessaire de soumettre la farine brute à l'action de la température pendant un temps d'autant plus long, que la mouture était moins fine. On peut enfin admettre aussi que la teneur en magnésie agit de façon certaine sur la quantité de chaux libre. M. Haegermann poursuit actuellement ses essais.

Les hydrates de l'aluminate tricalcique: rapport de M. Eitel.—Le Professeur Eitel a fait connaître en Allemagne les travaux du professeur T. Thorwaldson, de l'Université du Saskatchewan (Canada); ce dernier a fait ressortir les

rapports qui existaient entre l'instabilité des sulfates présents dans le ciment et l'hydratation de l'aluminiate tricalcique. L'une des séries d'hydrates de 3 $CaO.Al^2O^3$ se caractérise par sa résistance aux sulfates en solution; c'est ainsi que l'hydrate à six molécules est particulièrement remarquable, car il cristallise dans un ordre régulier et toujours le même. Les essais de Thorwaldson concernant la résistance des hydrates à six molécules soumis aux hautes températures confirment les hypothèses émises au sujet du rôle des hydrates de 3 $CaO.Al^2O^3$ quand la prise du ciment a lieu dans un sol humide et chargé de sulfates. Thorwaldson a obtenu une augmentation considérable de la stabilité en utilisant de la vapeur d'eau vive, que favorise la formation en quantité suffisante d'hydrate stable à six molécules, et parce que la combinaison de l'hydrate de calcium mis en liberté avec les produits d'addition appropriés est accélérée à un tel point, que la réaction de $Ca(OH)^2$ sur les sulfates devient une impossibilité.

Les méthodes de recherches sur la thermochimie du ciment: rapport de M. Roth.—Le début des réactions chimiques se révèle par un dégagement ou une absorption de chaleur; la mesure de cas phénomènes permet réciproquement de conclure à leur réalité. La thermochimie du ciment Portland est un domaine dans lequel la science n'a encore pénétré que de façon très restreinte, d'autant plus qu'il est à peine possible de procéder à des mesures directes. La méthode calorimétrique de Roth peut s'appliquer tout particulièrement aux minerais de fer, aux carbonates et aux silicates. Avec le ciment Portland, on doit faire face à une difficulté particulière, due à la lenteur relative des réactions qui accompagnent la formation du ciment. La réussite des essais dépend dans une large mesure du choix d'un combustible approprié, et dans le présent cas on préparait un mélange de farine brute et de paraffine. En provoquant la combustion de ce mélange avec de l'oxygène comprimé dans une bombe calorimétrique, on peut évaluer quantitativement les produits de la réaction.

Abstraction faite de ce procédé, on ne peut opérer que suivant la méthode indirecte, qui consiste à dissoudre successivement la matière brute et le produit fini dans le même acide; on mesure la chaleur dégagée dans les deux cas, et on obtient le nombre de calories dégagées dans la réaction par différence. En raison de la faible solubilité de l'argile dans les acides, on a adopté un mélange d'acide fluorhydrique et d'acide chlorhydrique. Pour éviter l'attaque du vase, on a confectionné ce dernier en or, avec joint en caoutchouc. Pour activer la réaction, on s'est servi d'une farine très finement moulue, que l'on a chauffée à 50-100° C. en l'agitant. A l'heure actuelle, le rapporteur dispose d'un appareillage adéquat, à l'aide duquel il se propose d'opérer sur ce ciment, pour déterminer la chaleur dégagée tant par sa formation que par sa prise.

L'influence de la finesse de mouture du ciment Portland sur ses propriétés mécaniques: rapport de M. Kuhl.—M. Kuhl part de ce point de vue que la granulation du ciment est la plus favorable quand elle répond aux courbes granulométriques dressées par Fuller et Graf pour les agrégats. Pour faire ses expériences le rapporteur a choisi deux ciments, dont l'un a été moulu à l'usine, et soumis à l'action d'un séparateur à air, et l'autre écrasé dans un broyeur de laboratoire. On s'est servi du séparateur de Gonell, pour fractionner le ciment en sept parties, dont les granules présentaient entre elles une différence de diamètre de 10μ.

En raison du soin et du temps que demande la séparation des granules avec de si petites différences, il a fallu se borner à faire des essais à petite échelle, suivant le procédé mis au point par M. Kuhl. Ce sont ces essais qui ont fourni les valeurs numériques cherchées, la résistance à la traction étant obtenue en multipliant les résultats par dix, et la résistance à la compression en les

doublant. Quand on cherche à établir une relation entre les valeurs obtenues et la surface globale des granules (obtenue par calcul suivant une méthode approchée), on voit que la valeur de la résistance croît avec la surface globale, mais que ces deux quantités n'augmentent nullement dans la même proportion. Si la granulation est plus fine que 20 μ la résistance, exprimée par sa valeur numérique, ne s'accroît plus que très lentement. Cette constatation s'applique à un ciment de granulation régulière.

Avec un mélange constitué principalement par les granules les plus grossières et les plus fines, on a obtenu la même valeur numérique qu'avec le ciment original, non fractionné, quoique dans ce cas la surface globale des granules soit incomparablement plus grande. Un ciment très finement moulu, mais d'une granulation non homogène, peut être trituré avec 30% de ciment très grossier sans que sa résistance subisse aucune diminution.

Il en résulte que l'on dispose de deux moyens pour fabriquer du ciment de haute résistante :

(1) une granulation régulière, pas trop fine,
(2) une granulation très fine mélangée à une certaine proportion de grains grossiers.

Les théories concernant les combinaisons comportant un nombre élevé de molécules, et leur application a la formation des éléments constituant le ciment Portland : rapport de M. Krauss.—Après avoir passé en revue la littérature consacrée à la chimie du ciment Portland, et particulièrement à sa composition, M. Krauss note que bien souvent il n'a pas été tenu compte des lois chimiques fondamentales. En s'en tenant strictement à la règle des valences pour établir la formule des éléments qui composent le ciment, on est arrivé à des invraisemblances et à des impossibilités, d'autant plus qu'il existe dans le ciment de nombreux éléments complexes dont la composition ne peut nullement être expliquée par la théorie de la valence des atomes. M. Krauss rappelle les travaux de A. Werner, qui ont permis d'établir des formules satisfaisantes dans le cas des composés complexes, en faisant appel aux valences dites auxiliaires ; il s'étend ensuite sur la composition des silicates en général, et des silicates de calcium en particulier, en s'appuyant sur ces théories de Werner, qui ont trouvé leur confirmation dans les travaux de Pfeiffer et les recherches par les rayons X.

La valeur pratique des épreuves combinées de durcissement : rapport de M. Burchartz.*—La rapporteur rappelle les travaux de Gensbaur, qui, en 1927, a indiqué le premier que par l'immersion dans l'eau d'une éprouvette ayant déjà subi un premier traitement combiné, on provoquait une rétrogradation de sa résistance ; de nombreux techniciens ont émis une opinion sur ce sujet, en exprimant du reste un avis contraire. M. Burchartz reprend la question dans son rapport, et, pour ses essais, il a utilisé cinq ciments différents, parmi lesquels du ciment Portland à base de minerai de fer et du ciment de laitier de haut fourneau. Les essais ont été conduits comme suit :

(1) Essais conformes aux stipulations des normes allemandes de 1927.
(2) Détermination de la résistance à la traction et à la compression d'éprouvettes normales après :

(*a*) 7 et 28 jours et 2 mois ;
(*b*) 28 jours et 2 mois de traitement combiné ;
(*c*) 28 jours de traitement combiné + 2 jours d'immersion dans l'eau ;
(*d*) 28 jours de traitement combiné + 1 mois d'immersion dans l'eau.

* Suivant cette méthode, dite " Kl " en allemand, on expose la galette 1 jour à l'air humide, 6 jours à l'eau, 21 jours à l'air, et 28 jours à l'eau.

(3) Détermination de la résistance à la compression de béton 1 : 4 et 1 : 6 après :

(*a*) 28 jours de traitement combiné;

(*b*) 28 jours de traitement combiné et 2 jours d'immersion dans l'eau;

(*c*) 28 jours de traitement combiné + 1 mois d'immersion dans l'eau.

(4) Evaluation du poids de toutes les éprouvettes traitées comme indiquées sous (2) et (3), dans le but de déterminer la perte d'eau par le traitement combiné et la quantité d'eau absorbée par l'immersion complémentaire dans l'eau.

La détermination des poids a fait ressortir que les éprouvettes absorbent relativement peu d'eau. Pour les mortiers normaux, la résistance à la traction et la résistance à la compression subissent une rétrogradation certaine, quoique moins importante dans le deuxième cas; l'immersion immédiate dans l'eau a une influence plus grande que l'immersion retardée. Le même phénomène se produit également pour la résistance à la compression du béton, mais il est certainement moins accentué. Jusqu'á présent, en prolongeant la durée d'immersion dans l'eau, on n'a pu mettre en évidence aucune nouvelle rétrogradation de la résistance. En outre on n'a pu formuler aucune loi exprimant une corrélation entre la modification de la résistance et la teneur du ciment en chaux.

En résumé, on peut exprimer cet avis qu'en soumettant un ciment au traitement combiné, on n'obtient aucune indication sur les qualités réelles, et par suite une épreuve basée sur le traitement combiné n'a aucune signification pratique.

La détermination de la chaleur de formation des silicates en partant de leurs oxydes : rapport de M. Nacken.—Les travaux de M. Nacken sur les problèmes thermochimiques que soulève le ciment ont certains points communs avec ceux de M. Roth. Le rapporteur rappelle tout d'abord la difficulté de ces recherches, et après avoir mentionné les deux méthodes expérimentales déjà exposées par M. Roth, il passe aux résultats de ses propres essais. Le solvant employé était un mélange d'acide fluorhydrique et d'acide chlorhydrique, ou azotique, selon le cas. Les expériences n'ont pu naturellement avoir lieu avant que la chaleur spécifique des acides mixtes ne soit connue, détermination qu'on a réussi à obtenir rapidement dans chaque cas. Le principe du procédé est basé sur ce fait qu'une quantité connue de solution, suffisamment refroidie, dégage par cristallisation un quantité de chaleur bien définie. Un tube contenant une certaine quantité de solution suffisament refroidie subit par cristallisation une augmentation de température déterminée; par suite, plongé dans le liquide en question, il permet d'en déterminer la chaleur spécifique.

Comme les silicates entrent en solution avec une lenteur relative, il est nécessaire de faire les essais en utilisant un thermostat d'une grande exactitude, disposé dans le calorimètre. Le tableau ci-dessous résume le résultat des recherches de M. Nacken :

	Chaleur spécifique de l'acide.	Valeur eau.	Quantité employée en g.	Augmentation de température.	Chaleur de dissolution en cal par g.	Chaleur de dissolution par molécule.
1. α - $SiO^2.CaO$ . . .	0,7355	150,19	0,5	0,583	437,803	50,768
2. β - $SiO^2.CaO$ . .	0,7355	150,19	0,5	0,561	421,037	48,996
3. - $CaO + SiO^2$ . .	0,7355	150,19	0,5	0,902	677,613	78,873
4. γ $SiO^2.2$ Cao (cristallin) . .	0,7355	150,19	0,5	0,715	537,304	92,671
5. $SiO^2 + 2$ CaO . .	0,7355	150,19	0,5	0,994	746,70	128,78

6. Chaleur de formation de $Ca(OH)^2$ en partant de $CaO + H^2O$:

(*a*) $CaO + H^2O$ dans HCl ..	0,7934	170,00	0,2802	1,462	908,00	50,912
			−1,0411			
(*b*) $Ca(OH)^2$ dans HCl	0,7934	170,00	1,3213	3,209	412,88	30,59

$$CaO + 2\ HCl = CaCl^2 + H^2O + 50{,}912 \text{ cal.}$$
$$Ca(OH)^2 + 2\ HCl = CaCl^2 + 2\ H^2O + 30{,}59 \text{ cal.}$$

$$CaO + H^2O = Ca(OH)^2 + 20{,}322 \text{ cal.}$$

(7) Chaleur de formation des silicates en partant des oxydes,

(*a*) Metasilicate + oxyde = orthosilicate.

$2\ CaO.SiO^2$	8,004 cal par mol.
$2\ SrO.SiO^2$	8,296 „ „
$2\ BaO.SiO^2$	4,98 „ „
$Pb\ SiO^4$	1,456 „ „

(*b*) Orthosilicates.

	Chaleur de formation en cal par g.	Chaleur de formation en cal par mol.	Chaleur de cristal en cal par g.	Chaleur de cristal en cal par mol.	Chaleur de transformation en cal par mol.
$SiO^4.2\ CaO$ ..	209,396	36,109	——	——	——
$SiO^4.2\ SrO$ ..	123,18	32,956	——	——	——
$SiO^4.2\ BaO$ ..	67,88	25,19	——	——	——
$SiO^4.Pb^2$	10,804	5,410	7,222	3,659	——

(*c*) Métasilicates.

$\beta - SiO^3Ca$ ..	256,594	29,877	——	——	−1,722
$\alpha - SiO^3Ca$ ..	239,830	28,150	——	——	
SiO^3Sr	150,43	24,660	——	——	——
SiO^3Ba	94,58	20,209	——	——	——
SiO^3Pb	13,985	3,954	6,838	1,929	——

L'action chimique du gypse et d'autres retardateurs de prise sur le clinker du ciment Portland : rapport de M. Forsen.—Le rapporteur a fait des recherches concernant l'action des produits d'addition sur le clinker pur, et, après s'être assuré de la pureté du retardateur, il a obtenu des résultats dont les données ci-dessous fournissent un résumé succint.

(*a*) La prise rapide du clinker seul résulte de l'hydrolyse de l'aluminate tricalcique instable selon la formule suivante :

$$Al^2O^3.\ 3\ CaO + 5\ H^2O = 2\ Al(OH)^3 + 3\ Ca(OH)^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

(*b*) La prise lente sous l'action de retardateurs, qui favorisent la formation de cristaux sphérolithiques de composition complexe, est caractérisée par la réaction (2) :

$$Al^2O^3.3CaO + X^2Ca + 10\ H^2O = 2 \left[Al\begin{pmatrix} OH \\ OH\ Ca \\ (H^2O)^2 \end{pmatrix}^2 \right] \begin{matrix} (OH)^2 \\ X \end{matrix} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

X représente ici le radical (SO^4, NO^3, etc). La formation de cristaux de composition complexe empêche l'hydrolyse de l'aluminate tricalcique. Le retard que subit la réaction est dû á la moindre solubilité de l'aluminate tricalcique dans les solutions de sels de calcium. En ajoutant ces retardateurs en plus grandes quantités, on provoque de nouveau le phénomène de la prise

rapide, car il se forme des cristaux sphérolithiques en grande quantité, et l'on se trouve de nouveau en présence d'un processus d'ordre physique. C'est sur ce phénomène que repose la prise dite apparente, question qui été traîtée à plusieurs reprises dans CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE.

(c) Quand le ciment est plus riche en éléments retardateurs, il se produit une expansion analogue au foisonnement du plâtre par l'augmentation de deux à trois du nombre de molécules de chaux combinés à l'alumine

$$2\left[\mathrm{Al}\begin{pmatrix}\mathrm{OH}\\\mathrm{OH}\mathrm{Ca}\\(\mathrm{H^2O})^2\end{pmatrix}^2\right](\mathrm{OH})^3+3\mathrm{X^2Ca}=2\left[\mathrm{Al}\begin{pmatrix}\mathrm{OH}\\\mathrm{OH}\mathrm{Ca}\end{pmatrix}^3\right]\mathrm{X^3}+4\mathrm{H\,O}+\mathrm{Ca(OH)^2}\quad..\quad(3)$$

(*d*) L'expansion due à la chaux correspond à la formation d'aluminates hydratés solubles à trois molécules de chaux suivant la formule :

$$\left[\mathrm{Al}\begin{pmatrix}\mathrm{OH}\\\mathrm{OH}\mathrm{Ca}\\(\mathrm{H^2O})^2\end{pmatrix}^2\right](\mathrm{OH})^3+\mathrm{Ca(OH)^2}=\left[\mathrm{Al}\begin{pmatrix}\mathrm{OH}\\\mathrm{OH}\mathrm{Ca}\end{pmatrix}^3\right](\mathrm{OH})^3+2\,\mathrm{HO^2}\quad.....\quad(4)$$

Quand la réaction se fait avec une grande rapidité, par exemple si on ajoute du chlorure d'aluminium, la prise rapide apparente se produit également, mais alors non par un phénomène d'hydrolyse, mais par suite de la formation de sphérolithes.

La protection du béton contre les eaux agressives : rapport de M. Graf.— Ce mémoire a trait aux observations faites par le rapporteur sur différentes sortes de ciments, et s'étend sur l'action du chlorure de magnésium et des sulfates en solution. Pour augmenter la résistance du béton aux attaques, il est nécessaire de lui donner une compacité aussi grande que possible.

L'importance pratique du tamisage analytique des agrégats et du module de finesse d'Abrams : rapport de M. Hummel.—La résistance la plus élevée n'est pas toujours le corollaire de la plus grande densité apparente, et le tamisage analytique des agrégats induit fréquemment en erreur à ce sujet.

Selon les expériences de M. Hummel, la gradation des dimensions des agrégats grossiers est souvent sans importance, et même avec les sables, la recherche systématique du mélange de granules donnant le minimum de vides est un principe dont il n'est plus possible de soutenir la validité. M. Hummel estime que le module de finesse, adopté par Abrams, est un critérium sûr, car tous les agregats ayant le même module de finesse possèdent la même capacité d'absorption d'eau, et donnent la même résistance.

Les perfectionnements de la mouture dans la fabrication du ciment : rapport de M. Helbig.—L'important rapport de M. Helbig, dont l'intérêt pratique est considérable, et qu'il ne nous est pas possible d'analyser en détail d'une façon même approximative, peut se résumer ainsi : La matière, à sa sortie du broyage préparatoire, est soumise à un blutage grossier, qui sépare le fin et les fragments. Les fragments retournent au broyage préparatoire, et le fin est acheminé sur un deuxième tamis, basé sur le principe du blutage en circuit fermé, qui n'admet que la farine du fin. Le fin, ainsi privé de sa farine, est soumis à la mouture dans un broyeur de finissage. Au sujet de ce procédé mis au point par la firme Pfeiffer frères, à Kaiserslautern, M. Helbig donne entre autres les indications suivantes sur l'augmentation du rendement : Pour un résidu de 6 à 7% sur le tamis de 4900 mailles au centimètre carré, la production est portée de 10,5 à 13,5 tonnes ; pour un résidu de 0,5%, elle est portée de 7,5 à 10 tonnes. Dans les conditions indiquées l'énergie absorbée a diminué de 51,7 à 40,2 kW/h par tonne.

Une cimenterie allemande moderne.

L'usine de la Société des Ciments Portland Kursachsen est situés à Carsdorf s/U, aux environs de Naumberg s/S, au centre d'un district industriel, et à proximité immédiate des gisements de lignite de l'Allemagne Centrale. L'usine (fig. 1, page 828) est construite sur un embranchement qui aboutit à Naumberg, où il rejoint la grande ligne Berlin-Halle-Erfurth-Francfort s/M, et qui la relie également via Artern au district du Harz. Carsdorf est situé sur la rivière Unstrut, qui se jette dans la rivière Saale, et comme ces deux cours d'eau sont navigables, Carsdorf se trouve relié par eau à la plus grande partie de l'Allemagne du Nord et du Centre. L'usine a été mise partiellement en marche en automne 1928; des travaux d'agrandissement one commencé à la même époque, de sorte que l'usine complète a été mise en exploitation pendant l'été de 1929.

Les matières premières sont le calcaire et le schiste argileux. Le calcaire est du " Muschelkalk," qui est très répandu en Allemagne Centrale, et l'argile est de la variété dite " Röt." La fabrication est faite suivant le procédé humide, ainsi que l'indique la figure 2 (page 829). La fig. 2 est un schéma montrant la disposition générale de l'usine: (1) Convoyeur à courroie pour calcaire; (3) Transport du schiste argileux; (4) Broyeur à cylindres pour calcaire et schiste argileux; (5) Convoyeur à courroie pour calcaire et schiste argileux; (6) Convoyeur à courroie pour le sable, etc.; (7) Silo à calcaire; (8) Silo à argile; (9) Silo à sable, etc.; (10) Tables d'alimentation; (11) Convoyeur à courroie: (12) Broyeurs pour matières brutes; (13) Elévateurs à boue; (14) Distributeur des boues; (15) Cuves à boue; (16) Compresseurs d'air; (17) Appareils pour l'alimentation en boues; (18) Fours Unax; (19) Concasseur pour charbon; (20) Elévateur; (21) Convoyeur à courroie pour charbon; (22) Dépôt à charbon; (23) Accumulateurs à charbon humide; (24) Tambours sécheurs pour charbon; (25) Elévateurs pour charbon sec; (27) Pulvériseurs à charbon; (28) Elévateur pour charbon pulvérisé; (29) Accumulateurs à charbon pulvérisé; (30) Vis régulatrices du débit du charbon; (31) Ventilateur; (32) Convoyeur à secousses pour clinker; (33) Convoyeur à chaîne avec bennes pour clinker; (34) Dépôt de clinker; (35) Accumulateurs à clinker; (36) Accumulateurs à gypse; (37) Tables d'alimentation des broyeurs pour clinker; (38) Broyeurs pour clinker; (39) Bascules pour ciment; (40) Elévateur pour ciment; (41) Silos à ciment; (42) Convoyeur Fluxo; (43) Compresseur d'air; (44) Pompe à vide; (45) Ensacheuse Fluxo; (46) Voies ferrées.

La carrière de calcaire est située à 500 m environ de l'usine, et à 70 m plus haut. Le calcaire est abattu par explosifs, et chargé à l'heure actuelle à la main sur camion. Les fragments de calcaire sont ainsi transportés à la station de départ d'un téléférique aérien (fig. 3, page 830) où les caisses des camions sont soulevées et accrochées au système de suspension du téléférique, qui transporte le calcaire à l'atelier de concassage préparatoire. Comme le téléférique est en pente, tout a été prévu pour que les caisses pleines allant à l'atelier de concassage assurent la remontée des caisses vides jusqu'à la station de départ à la carrière; aucune force motrice extérieure n'est par suite nécessaire. Le téléférique comporte un équipement pour que la décharge du calcaire dans les concasseurs se fasse automatiquement (fig. 4, page 830).

Les pierres sont écrasées dans un concasseur à mâchoires, qui sert en même temps d'appareil d'alimentation du broyeur à cylindres disposé en contre-bas. Dans le broyeur à cylindres, les matières sont écrasées de nouveau et tombent

sur un convoyer à courroie en pente qui les conduit au silo à calcaire, au dessus des moulins de mouture des matières brutes. Le schiste argileux est extrait en carrière à proximité de l'atelier de concassage, et est versé directement dans le broyeur à cylindres déjà mentionné.

Les carrières de calcaire et de schiste argileux sont exploitées en deux équipes différentes, de sorte que les matières ne se mélangent pas dans le broyeur à cylindres, mais sont écrasées séparément, et le schiste argileux est transporté à un silo séparé attenant au silo à calcaire placé au dessus des moulins de mouture des matières brutes. Au dessous de chacun des silos de calcaire et de schiste argileux se trouve une table d'alimentation, qui extrait les deux matières premières dans la proportion voulue et en alimente régulièrement les moulins.

Pour la mouture des matières brutes, on emploie deux broyeurs Unidan (fig. 5, page 831) divisés chacun en trois compartiments. Le mélange de calcaire et de schiste argileux peut être conduit à chaque broyeur séparément ou divisé entre les deux. A l'entrée des broyeurs, on ajoute de l'eau aux matières brutes, qui sont moulues jusqu'à former une boue fine et homogène.

Les deux tables d'alimentation mentionnées sont actionnées par un moteur à vitesse variable commun, de sorte qu'en faisant varier la vitesse en peut régler la quantité totale de matières qui arrive aux broyeurs, sans que la proportion entre le calcaire et le schiste argileux se trouve modifiée.

En plus des silos de calcaire et de schiste argileux, il y a deux autres silos en façade d'atelier de mouture, chacun pourvu d'une table d'alimentation. Ces deux silos sont réservés aux matières qu'il faut ajouter aux matières brutes pendant leur mouture, pour la fabrication du ciment à durcissement rapide.

Les broyeurs de matières brutes sont actionnés individuellement par moteurs électriques, avec réducteurs à engrenages; comme les matières sont moulues à l'état humide, et qu'aucune poussière ne se propage dans l'atelier, on a placé les moteurs dans le même local que les broyeurs.

La boue tombe des broyeurs de matières brutes dans des rigoles qui l'amène aux trois élévateurs de l'atelier des boues. Il y a quatre cuves cylindriques en béton pour mélanger et conserver les boues, et les trois élévateurs sont attenants. Les gaînes des élévateurs sont en béton et constituent une partie de l'ossature du bâtiment. Les élévateurs ont des godets de grande capacité, et ils travaillent à faible vitesse.

La boue provenant des broyeurs est montée au moyen d'un des élévateurs jusqu'à un distributeur, d'où elle coule par gravité dans l'un des quatre silos. Le contenu d'un des silos peut être mélangé à volonté avec le contenu de l'un des autres, en utilisant le deuxième élévateur, et quand la boue a la composition voulue, le troisième élévateur la monte jusqu'à l'appareil d'alimentation du four.

Les trois élévateurs à boues sont ainsi disposés que chacun d'eux peut être utilisé pour l'une quelconque des opérations mentionnées. Il en résulte qu'on a toujours en élévateur en réserve pour l'alimentation du four et pour recevoir les boues de la mouture, car le mélange des boues d'une cuve à l'autre n'a pas besoin d'être exécuté à un moment précis. Pour que le mélange de la boue se fasse d'une façon farfaite dans les cuves en ciment, ces dernières sont pourvues de buses d'agitation par l'air comprimé. Les compresseurs sont installés tout à côté, et on insuffle de l'air dans la boue, aussi souvent qu'il est nécessaire.

L'appareil pour l'alimentation du four en boue est du type à godet, et actionné par un moteur électrique à vitesse variable. La vitesse du moteur est réglée d'une plateforme disposée à la sortie du four, de sorte que le cuiseur est à même de faire varier la quantité de boue débitée.

Les deux fours Unax (fig. 6 et 7, pages 831 et 832) prévus pour le tirage naturel ou forcé, sont actionnés individuellement par moteurs électriques à vitesse variable avec réducteur à engrenages. La vitesse des moteurs peut être réglée de la plateforme du cuiseur. Comme les refroidisseurs de clinker sont placés directement à l'extrémité des fours, ces derniers ont été disposés à un niveau peu élevé et les côtés de l'atelier des fours sont ouverts.

A la sortie des refroidisseurs, le clinker est repris par un transporteur à secousses installé dans un tunnel. Après passage dans une balance automatique, le clinker tombe dans une des bennes d'un transporteur à chaîne, qui l'emporte jusqu'au magasin à clinker. Le transporteur à chaîne décharge le clinker en un point quelconque du magasin, et le même transporteur sert pour la reprise du clinker et son transport à l'atelier de mouture du ciment. Dans ce but, le transporteur passe dans un tunnel en dessous du magasin à clinker (fig. 8, page 833), et des ouvertures sont ménagées dans le plafond du tunnel, par lesquelles passe ce clinker ; elles sont pourvues de systèmes automatiques pour le remplissage des bennes du transporteur. Pour le gypse, il y a des silos particuliers dans l'atelier de mouture du ciment, sur lesquels il est transporté de la même façon que le clinker.

La mouture du clinker se fait dans deux broyeurs Unidan (fig. 9, page 833), chacun des broyeurs étant à quatre compartiments. Ces broyeurs sont actionnés individuellement par moteurs électriques avec réducteur à engrenages, les moteurs et les réducteurs étant placés dans un local séparé. Pour chaque broyeur à ciment on a installé une balance automatique, et le ciment fini est transporté des balances aux silos à ciment, au nombre de quatre, par des vis transporteuses et des élévateurs.

Les silos à ciment sont en béton armé, ils sont cylindriques sur toute leur hauteur, et ne comportent pas de tunnel d'extraction en dessous. Ce dispositif a pu être réalisé grâce à l'installation d'un transporteur pneumatique Fluxo, pour extraire le ciment des silos et le transporter à la trémie placée au dessus de la machine d'ensachage. Ce transporteur est branché sur des conduites à vide partiel disposées dans les planchers des silos ; le ciment, aspiré par l'action du vide, emprunte ces conduites, et est refoulé par une autre conduits jusqu'à la trémie de l'appareil d'ensachage au moyen d'air comprimé. Le transporteur Fluxo est monté sur roues, et peut être relié à l'un quelconque des quatre silos. Il peut, en cas de besoin, être employé pour extraire le ciment d'un silo et le refouler dans un autre silo, pour faire des mélanges.

Sous la trémie d'ensachage est disposée une machine d'ensachage pneumatique Fluxo. Le ciment est ensaché dans des sacs en papier à dispositif spécial de fermeture, et les sacs pleins sont automatiquement culbutés de la machine dès qu'elle a enregistré le poids exact prévu. Les sacs glissent jusqu'aux chariots que l'on roule directement dans les wagons de chemin de fer ou les camions automobiles en attente le long du quai de l'atelier d'ensachage.

Le charbon arrive à l'usine par voie de fer, et est basculé directement dans la trémie placée au dessus du concasseur à charbon. Après concassage préparatoire, il est monté au moyen d'un élévateur jusqu'au convoyeur à courroie aboutissant aux accumulateurs placés devant les sécheurs à charbon. La courroie est disposée à une grande hauteur à l'intérieur d'une galerie formée (fig. 10, page 834). Quand les trémies alimentant les sécheurs sont pleines, on fait tomber le charbon directement du convoyeur à courroie sur le sol, où il reste jusqu'au moment où l'on en a besoin. Le charbon est emporté du dépôt à l'aide de petits wagonnets qui circulent dans un tunnel disposé en dessous, et transporté jusqu'à l'élévateur qui se trouve derrière le concasseur.

Le séchage du charbon s'effectue dans deux sécheurs à charbon rotatifs, comportant un dispositif d'alimentation agencé immédiatement au dessous des accumulateurs. Le charbon séché passe dans une balance automatique, et il est repris par des vis transporteuses et un élévateur qui l'amènent jusqu'aux tubes pulvériseurs, au nombre de deux, où il est réduit en poussière. Le charbon pulvérisé est élevé jusqu'aux accumulateurs à charbon pulvérisé, au nombre de deux, un pour chacun des deux fours.

Les appareils pour régler la quantité de charbon pulvérisé allant aux fours sont installés sous les accumulateurs (fig. 11, page 834), où se trouvent également les ventilateurs à haute pression pour le soufflage du charbon par les conduites allant au brûleur. Les appareils de réglage sont actionnés par des moteurs à vitesse variable réglés de la plateforme du cuiseur. Pour que l'atelier à charbon fonctionne sans dégager de poussières, on centralise la poussière produite par les sécheurs les convoyeurs, etc., à l'aide d'un équipement spécial, et en la souffle directement dans les fours.

Dans la disposition générale de l'usine, on a pris des mesures spéciales pour éviter toute propagation des poussières dans l'atmosphère. On est arrivé à ce résultat en installant de grandes chambres de précipitation partout où la présence de poussières est inévitable, par exemple entre les fours et les cheminées, dans l'atelier de séchage du charbon, et dans celui de la mouture du clinker.

Comme il a déjà été dit, la plupart des machines sont actionnées par des moteurs électriques individuels. L'énergie est achetée à une station centrale, et un poste de transformation (fig. 12, page 835), installé à l'usine, abaisse la tension de 30000 à 500 volts.

La production totale de l'usine est actuellement de 500 tonnes par jour. Les études ont été faites par la Société F. L. Smidth et Cie, de Copenhague, qui a également fourni toute l'installation.

NOTE DE L'EDITEUR.

L'editeur du " Cement and Cement Manufacture " international invite les lecteurs de ce journal à lui soumettre des articles en vue de leur publication. Les manuscrits peuvent lui être adressés en Anglais, Français, Allemand ou Espagnol; ils seront traduits dans les trois autres langues par des traducteurs spécialistes.

Ces articles auront trait à toutes les nouvelles idées ou développements sur la fabrication, la chimie ou l'essai des ciments, ou à tous les sujets d'un intérêt général pour l'industrie du ciment. On demande aussi des descriptions et des illustrations de nouvelles usines à ciment dans toutes les parties du monde.

Les constructeurs de matériel d'usine pour la fabrication du ciment sont également invités à nous soumettre toutes les informations et illustrations se rapportant au nouveau matériel qu'ils auraient construit et à son installation. Ces articles devront être adressés sous pli recommandé à: The Editor, " Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, Westminster, London, S.W.1, Angleterre.

Flow of Materials

A BOOK FOR CEMENT WORKS ENGINEERS

THE cement-works official who desires to apply scientific control to rotary kilns must be able to measure air-flows, calculate heat quantities, and work out heat-balance sheets; for this purpose he must have at his elbow books of tables connected with these three sciences. In his new volume, "A TREATISE ON CHEMICAL ENGINEERING," *Dr. Geoffrey Martin* (late Director of the Portland Cement Research Association) has the needs of the cement industry prominently in his mind. This book starts from first principles and gives explanations which should be comprehensible by all who are inspired by the ideal of scientific control, no matter what may be their stage of education.

The book deals with the flow of air, gases, liquids, and with the flow of powders under the influence of pneumatic transport. These subjects are closely connected with cement manufacturing processes where the flow of air for rotary-kiln combustion, the flow of slurry through pipes, and the propulsion of powdered-coal into the kiln or ground cement into bins by pneumatic transport are matters upon which success or failure depend. Methods are described of calculating the air-supply of rotary kilns and the dimensions of the air-ducts and pressures required in connection therewith. Tables are given relating water-gauge measurements with air quantities at various temperatures, and also ready-reckoning tables connecting diameters and areas of pipes and ducts. Other chapters give the principles of the Pitot tube and its practical application to measurement of air and gas quantities, including the various types of manometers that can be used. It is shown how the formula for calculation is evolved, and examples of the application of the formulæ are given, many of them being solutions of rotary-kiln problems such as the calculation of the velocity of hot air entering a rotary kiln when the dynamic pressure (W.G.) and temperature are measured.

The effect of viscosity on fluid flow is discussed, formulæ are worked out, tables of viscosities of gases and liquids are given, and viscometers are described. The reader is enabled to calculate the fan power required for the induced draught of a rotary kiln, the power required by an air-compressor for a certain duty, the power required for pumps to transport slurry a given distance through a pipe-line, and many of the other problems which confront a cement works engineer. There are 50 pages of tables giving volumes and weights of the gases at temperatures coming within the purview of the rotary-kiln controller.

Price by post (anywhere in the world) **64/-** *from—*

Concrete Publications, Limited

20, Dartmouth Street :: London, S.W.1

BAND 3. NUMMER 6. JUNI 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
DIE INTERNATIONALE ZEMENTZEITSCHRIFT IN VIER SPRACHEN.

DEUTSCHER TEIL

VERLEGT BEI CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.
Erscheint am 20 jeden Monats. Preis 2 Shilling das Heft. Postfreier Jahresbezug 24 Shilling.

Brechen und Vormahlen bei der Herstellung von Portlandzement.

von A. C. DAVIS.

(BETRIEBSDIREKTOR DER ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.)

BRECHEN und Mahlen sind beinahe in jedem Stadium der Portlandzement-Herstellung erforderlich. Das Rohmaterial, der für den Ofen bestimmte Brennstoff, der Gips und das endliche Mahlen des Klinkers; sie alle müssen zerkleinert werden. Die Brech-und Mahlprozesse machen wahrscheinlich 80 oder 85 Prozent der ganzen in Zementfabriken erforderlichen Kraftmenge aus. Wenn die Rohmaterialien weich sind, (weisse oder graue Kreide, Mergel, Fluss-oder Landton), so ist die zum Mahlen oder Waschen der Rohstoffe benötigte Kraftmenge verhältnismässig gering; sind die indessen hart (Kalkstein und Schieferton), so ist die verlangte Kraftmenge viel grösser.

Weisse und graue Kreiden und Mergel werden gewöhnlich mit maschinell getriebenem Löffelbagger abgebaut, und die zur Aufbereitungsanlage kommenden Stücke sind viel grösser als früher, wie sie von Hand abgebaut wurden. Dieses ist indessen nicht sehr bedeutsam, weil das Material in einer Waschmühle gewaschen wird und infolge seiner weichen Art wenig oder gar kein Brechen oder Mahlen notwendig ist.

Dort wo die Rohstoffe von härterer Natur sind, ist das Brechen und Mahlen erforderlich, was in beiden Fallen mehr Kraft und eine längere Zeit zur Durchführung verlangt. Beim Abbau von Kalkstein ist es üblich, grosse Stücke durch Sprengen zu brechen. Wenn diese Stücke durch maschinell betriebene Löffelbagger bewegt werden, so ist die einzige Begrenzung ihrer Grösse durch die Dimensionen des Baggereimers oder durch die Grösse der Oeffnung des Brechermauls bestimmt. Werden die Stücke von Hand bewegt, so ist die Begrenzung ihrer Grösse durch die Leistungsfähigkeit des Arbeiters bestimmt; es ist dann üblich, für die grösseren Stücke 50 kg als Grenze vorzusehen. Wird dieses Verfahren angewendet, so braucht das Brechermaul nur gross genug für Stücke dieses Ausmasses oder dieses Gewichts zu sein, vorausgesetzt, dass die Mengenleistung ausreicht.

Es gibt Brecher von verschiedener Bauart; jede hat ihre eigenen Charakteristika und ist besonders für ihre spezifischen Zwecke geeignet. Einige Maschinen zerkleinern in einem Gange das gesamte durchgehende Material, einige erzeugen Feinanteile, während andere keine Zerkleinerung des untergrossen Materials bewirken.

Entweder werden Backen-oder Kreiselbrecher zufriedenstellend als Brechmaschinen arbeiten, um Materialstücke der vorerwähnten Grösse zu erzeugen, doch dürfte eine zweite oder Endapparatur vorzusehen sein, um die für die Mühlen endgültige Aufbereitung zu bewirken. Es muss bemerkt werden, dass jeder Brechertyp wirtschaftlicher zerkleinert als jede Mühlenanlage. Die Erfahrung lehrt, dass die wirtschaftlichste Arbeitsleistung zwischen den Brechern und Mühlen etwa bei bezw. zwischen den Grössen von 2 und 2,5 cm liegt. Wo passende Brecher zur Verfügung stehen, sollten sie das den Mühlen zuzuführende Material auf diese Grösse aufbereiten. Das wirtschaftliche Reduktionsverhältnis beträgt für Brecher vom Backen-und Kreiseltyp etwa 4 zu 1 oder 4,5 zu 1. Bei den Maschinen vom Hammer-Typ besteht keine richtige Grenze hinsichtlich der Grösse der Stücke, mit der sie der Maschine zugeführt werden, noch gibt es eine Grenze für die mögliche Zerkleinerung. Diese, mit passender Zufuhrvorrichtung ausgestattete Maschinentype kann Kalksteinstücke von 90 oder 100 cm zu 60 cm, von 75 cm zu 45 oder 30 cm nach Belieben aufnehmen und wird aus diesen grossen Steinbrocken ein Material, das einen Ring von 2,5 cm passiert, erzeugen. Ein bemerkenswertes Charakteristikum des Hammerbrechers ist seine Tendenz, Feinanteile zu erzeugen. Dieses macht ihn besonders geeignet, um Rohmaterial so zu zerkleinern, dass es jeder Mühlenart zugeführt werden kann.

Der übliche Kraftbedarf aller dieser Maschinen dürfte sich, sagen wir, auf 2 PS per Tonne bei sehr starker Zerkleinerung und auf 0,75 bis 1,25 PS per Tonne bei kleiner Grössenreduktion belaufen.

Eine gleichmässige Zufuhr ist ausschlaggebend für das befriedigende Arbeiten jeder Art von Brechern. Es genügt nicht einen grossen Trichterbehälter über dem Brechermaul zu bauen und zu erwarten, dass er befriedigend funktioniert, wenn die Zufuhr zum Brecher nicht regelmässig ist, stockt oder aufhört. Der Trichterbehälter sollte entfernt vom Brecher aufgestellt werden und eine Zufuhrvorrichtung vorgesehen sein. Eine gewisse Art von Magnetscheider sollte ebenfalls angebracht werden, wenn es wahrscheinlich ist, dass verirrte Eisenstücke vorkommen können.

Backen-Brecher.—Dieses ist wahrscheinlich die erste Brechertype. Eine schwingende Brechbacke (oder Backen) bewegt sich gegen eine feste Backe, wobei die Bewegung durch eine exzentrische-oder Kurbelwelle, die durch ein Gelenklager betrieben wird, erzeugt wird. Der Rahmen der kleiner dimensionierten Maschine besteht meist aus einem stück von Gusseisen, doch sind die grösseren Maschinen gewöhnlich aus Stahlguss gebaut. Die grösste bis jetzt gebaute Maschine hat eine Backenöffnung von 2,5 m zu 1,75 m.

Der Backenbrecher arbeitet etwa während der Hälfte seiner Laufzeit. Er eignet sich sehr gut zu Verarbeitung von hartem, trockenem, kristallinem und nicht schmierendem Material; er ist indessen nicht so geeignet für Gips und ähnliches klebriges Material. Wie vorher bereits erwähnt, beträgt das wirksamste Verhältnis der Grössenreduktion 4 oder 4,5 zu 1. Der Abstand der Rippen in der Backenoberfläche und die Grösse des verlangten Erzeugnisses soltten in Wechselbeziehung stehen. V-Rippen und Erhöhungen sind am geeignetsten für die Materialien, mit denen diese Maschine zu tun hat.

Kreisel-Brecher.—Kreisel-Brecher sind erst neuerdings in Aufnahme gekommen. Sie arbeiten während ihrer Laufzeit 100-prozentig, doch sind sie grösser, kostspieliger und als Brechermaschinen nicht so allgemein verwendbar wie die Backen-Brecher. Der Kreisel-Brecher eignet sich dagegen besser für Gips. Wenn er für Gips Verwendung findet, so sollte die Brechoberfläche lieber von halbkreisförmigem oder geripptem Durchschnitt als von V-Durchschnitt sein, Das Grössenreduktionsverhältnis dieser Maschine ist etwa das gleiche wie bei den Backen-Brechern, und das Erzeugnis dürfte dem des Backen-Brechers ähnlich sein. Der Kreisel-Brecher verlangt in der Höhe mehr Platz als ein Backen-Brecher gleicher Leistung.

Walzen-Brecher.—Es existieren verschiedene Arten von Walzen-Brechern: Einwalzen-Brecher, Doppelwalzen-Brecher, glatte Oberfläche, gerippte Oberfläche, schnellaufende Walzen, langsamlaufende mit Reduktionsgetriebe versehene Walzen usw.

Die langsamlaufende Einwalzen-Maschine mit Reduktionsantrieb eignet sich zum Brechen von Kalkstein und ähnlichen Materialien. Eine derartige Maschine ist für stündliche Leistung von 350-400 t gebaut worden. Die Zufuhröffnung kann 0,90 cbm betragen und das Erzeugnis 0,15 m oder noch kleiner sein. Diese Maschine erfordert 400 bis 450 PS. Das Brechen wird durch die mit Zähnen besetzte, gezähnte oder gerippte Oberfläche der langsam laufenden Walse bewirkt, wobei das Material gegen eine feste Backe zugeführt wird. Die Maschine ist kräftig gebaut und das Verhältnis ihrer Grössenreduktion ist grösser als das jeder der vorher erwähnten Maschinen. Die Mengenleistung ist ebenfalls hoch. Abb. 4 (Seite 816) zeigt einen Schnitt durch den Brecher.

Doppelwalzen-Maschinen, die schnell laufen, werden gelegentlich verwendet, um zu grosse Stücke zur Mühlenspeisung zu zerkleinern. Das gesamte, den Mühlen zuzuführende Material kann durch die Walzen auf dem Wege zu den Mühlen passieren, doch werden nur die zu grossen Stücke zerkleinert. Ein Vorteil würde sich ergeben, wenn die Feinanteile abgesondert würden, um so unnützen Verschleiss auf den Walzen-Oberflächen zu verhindern. Das Reduktionsverhältnis der Zweiwalzen-Maschinen mit verhältnismässig glatter Oberfläche beträgt etwa 3 zu 1; sind die Oberflächen gerippt, so kann das Verhältnis grösser sein.

Langsamlaufende Zweiwalzen-Brecher sind benutzt worden, um Kohle für den Drehofen mit dem Zwecke zu behandeln, dass eine geeignete Zufuhr für die Kohlenmühlen erzeugt wurd. Abb. 5 (Seite 817) zeigt eine Maschine mit drei Walzenpaaren, die mit gezähnten Scheiben ausgestattet sind. Diese Scheiben liegen eng aneinander, und es sind Zwischenstücke zwischen den benachbarten Scheiben in Form von Scheiben kleineren Durchmessers mit einer fein gezähnten Oberfläche vorhanden. Die Zähne im oberen Teil sind gröber und von grösserem Abstand als in dem unteren. Es mag bemerkt werden, dass die verschiedenen Wellen der beiden ersten Paare mit verschiedener Geschwindigkeit rotieren; das untere Paar läuft mit gleicher Geschwindigkeit. Da Kohle ein verhältnismässig nicht abnutzendes Material ist, bestehen keine Bedenken, durch die Rollen Material von Untergrösse passieren zu lassen zusammen mit solchem, das gebrochen werden muss; es dürften etwa 15% des Erzeugnisses die Grösse des Materials überschreiten, welches das unterste Rollenpaar brechen soll. Die für ein solches Aggregat benötigte Kraft dürfte klein sein, sagen wir 1,25 oder 1,5 PS per Tonne betragen; wenn jedoch die Kohle relativ fein ist, und nur die unteren Walzen erforderlich sind, so dürfte

der Wert offenbar noch niedriger sein. Tatsächlich dürfte die von den Walzen absorbierte Reibung grösser sein als die zum Brechen erforderliche Kraftmenge. Ein sicherer Wert dürfte 0,7 bis 0,8 PS per Tonne sein.

Brecher vom Hammertyp.—Brecher vom Hammertyp werden entweder mit einer oder zwei Wellen gebaut. Wie bereits vorher erwähnt, können diese Maschinen alle in die Oeffnung der Maschine eintretenden Stücke jedweder Grösse verarbeiten, und sie liefern ein Erzeugnis von vorher bestimmter Grösse. Die Dimensionen des Abstandes zwischen den Gitterstäben beeinflussen die Grösse des Erzeugnisses nicht ernsthaft. Da die Bewegung der Hammer quer zur Länge der Gitteröffnungen erfolgt, ist das passierende Material erheblich kleiner als der Abstand. Abb. 6 (Seite 818) zeigt einen Schnitt durch eine doppelachsige Maschine; die Differenz der Grösse des zugeführten und entleerten Materials ist charakteristisch für diese Maschine. Die Zufuhrvorrichtung spielt eine bedeutende Rolle beim Betrieb, da diese Art von Brecher nicht zufriedenstellend arbeiten dürfte ohne geeignete Speisevorrichtung.

Scheiben-Brecher.—Der Scheiben-Brecher wird horizontal oder vertikal gebaut. Einen Schnitt einer horizontalen Maschine zeigt Abb. 7 (Seite 819). Diese Type arbeitet, wenn im Betriebe, 100-prozentig. Ihr Reduktionsverhältnis ist relativ klein mit 3,5 oder gar 3 zu 1. Sie zerkleinert übergrosses Material auf die, durch die Anfangsstellung der Maschine vorbestimmte Grösse, ohne solche Stücke weiter zu zerkleinern, die bereits diese Grösse besitzen. Das Brechen wird durch den Druck von zwei glatten ausgehöhlten oder konkaven Oberflächen bewirkt. Der Druck wird erzeugt durch die pendelähnliche Bewegung des Achsenendes, die ihrerseits durch die exzentrische Anordnung der Triebscheibenweite bewirkt wird. Die Brechfläche ist bei beiden Maschinenarten gross, und es wird ohne Erneuerung der dem Verschleiss ausgesetzten Teile eine beträchtliche Lebensdauer erzielt.

Bei der Betrachtung der Brecher ist dieses mit besonderer Berücksichtigung von Kalkstein und Materialien dieser Art erfolgt; die gleichen Bemerkungen sind jedoch in vollem Umfange auch auf Schiefertone und andere derartige Materialien anwendbar. Es ist üblich, das gebrochene Material nach dem Brechen auf Trichterbehälter, Silos, oder Vorratsbehälter, fertig um es den Mühlen zuzuführen, zu heben oder zu fördern. Mahlaggregate können den Typ der einfachen oder der Doppelmahl-Einheiten besitzen. Viele Jahre ist die Doppelmahl-Type vorgezogen worden, wobei die Vormühle mit Sieben oder deren Aequivalenten ausgestattet war, um die Entleerungsmenge zu begrenzen. Das aus dieser Mühle entleerte Material stellt die Zufuhr für die Endmühle dar, die keine Siebe besitzt. Man erkennt, dass bei dem Doppelmahl-Aggregat, der Siebrückstand in dem Erzeugnis der Endmühle durch den Rückstand in dem Erzeugnis der Vormühle und die Mahlleistung der Endmühle bestimmt wird.

Im Laufe der letzten Jahre sind beträchtliche Fortschritte mit Einaggregat-Mühlen grosser Dimensionen gemacht worden. Mühlen von 2,5 m Durchmesser zu 12 oder 13,5 m Länge sind gebaut und in Betrieb genommen worden. Diese Maschinen verlangen eine Beschickung mit 50 oder 55 t und einen 700 oder 800 PS starken Motor zum Antrieb. Bei richtiger Abstimmung dürften Mühlen dieser Grösse stündlich 15 bis 20 t Kalkstein in Schlamm überführen. Die genaue Menge hängt indessen von der Einstellung der Mühle, der Härte des Gesteins und dem endlichen Siebrückstand ab. Die Mühlen sollten in drei oder vier Kammern geteilt sein, die mit Kugeln von verschiedener Grösse beschickt sind, wie es Abb. 8 (Seite 820) zeigt, doch im Einzelnen den Verhältnissen beim Nassverfahren angepasst sein. Obwohl Einaggregat-

Mühlen Kosten sparen und die Aufstellung grosser Aggregate vereinfachen, scheint es schwierig, die gleiche Leistung bei gleichem Siebrückstand mit der gleichen PS-Zahl per Tonne aufrecht zu erhalten, wie solche aus Doppelaggregat-Mühlen erhalten wird.

Die Mahlung des Rohmaterials erfolgt zumeist nass, d.h. es wird der Vormühle genügend Wasser zugeführt, um Schlamm von richtigem Feuchtigkeitsgehalt, wenn er die Endmühle verlässt, zu erzeugen. Infolge der Schwankungen in der Viskosität, verlangen die Rohmaterialien verschiedene Prozentsätze an Wasser. Eine weiche Kreide-und Tonmischung beispielsweise benötigt zwischen 40 und 42% ; liegt der Feuchtigkeitsgehalt weit unter diesem Wert, so dürfte die Flüssigkeit schwierig zu pumpen sein und Ueberdruck in der Rohrleitung verlangen. In dem Falle, dass Schlamm aus hartem Rohstoff wie Kalkstein hergestellt wird, dürften 34 oder 36% Feuchtigkeit mit den vorher erwähnten 40 oder 42% vergleichbar sein. Das Wasser wird in jedem Falle der Mühle mit dem Material zugeführt.

Es kann der gleichmässigen Feinmahlung der Rohmaterialien zur Erzeugung eines erstklassigen Zements nicht genug Beachtung geschenkt werden. Der übliche Rückstand auf dem 4,900 oder 6,200 Maschen/qcm-Siebe sollte 2 oder 3 bezw. 4 oder 5% betragen.

Es ist bereits erwähnt worden, dass die für härteres Material erforderliche Kraftmenge viel grösser als für weicheres Material ist. Die zur Mahlung der weichen Kreide-und Tonart benötigte Kraft dürfte, sagen wir, 8 bis 10 KW per Tonne betragen. Der entsprechende Wert für Rohmaterialien von der Kalksteinart bei Vermahlung zum gleichen Rückstand dürfte bis 35 oder 40 KW per Tonne erreichen und ist ahhängig von der Härte und dem Mahlfeinheitsrückstand.

Bei Werken, die nach dem Trockenverfahren arbeiten, ist es üblich, das Rohmaterial zu trocknen und es trocken anstatt nass zu mahlen, wie das im Vorhergehenden beschrieben wurde. Wird das Mahlen trocken durchgeführt, so ist die benötigte Kraftmenge per Tonne grösser.

INTERNATIONAL

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

Bezugspreise.

Auf Grund der sehr stark vermehrten Herstellungkosten von „Cement and Cement Manufacture" in seiner neuen Form, ist es notwendig gewesen, den Preis auf 2 Shilling für jedes Heft zu erhöhen. Der jährliche, in der ganzen Welt postfreie Bezugspreis beträgt 24 Shilling. Augenblickliche Bezieher, welche auf Grund unserer früheren Subskriptionsliste im Voraus bezahlt heben, werden so lange die Hefte zum alten Preise weiter erhalten, bis ihr gegenwärtiges Abonnement abläuft.

Der jährliche Bezugspreis ist an „Cement and Cement Manufacture," London, S.W.1, Dartmouth Street 20, England einzusenden, worauf die Hefte regelmässig monatlich für die Dauer des Bezugs zugestellt werden.

Die neuen Spanischen Zementnormen.

Die folgenden Auszüge sind den neuesten, am 25. Februar 1930 in Kraft gesetzten spanischen Zementnormen entnommen. Sie gelten für sämtliche in Spanien fabrizierte und nach Spanien eingeführte Zemente und anullieren alle bisherigen Zementnormen:

Portlandzement.

Begriffserklärung.—Portlandzement ist das zu einem feinen Pulver reduzierte Erzeugnis, das durch Brennen bis zur beginnenden Schmelzung einer künstlichen und richtig zusammengesetzten Mischung von kalk-und tonerdehaltigen Materialien ohne weitere Zusätze als Gips in nicht grösseren Mengen als 3% erhalten wird.

Chemische Zusammensetzung.—Das Gewicht des unlöslichen Rückstands soll 1,5% nicht überschreiten. Gelartige Kieselsäure soll nicht als unlöslich angesehen werden. Das Gewichtsverhältnis zwischen Kalk und dem Gesamtgehalt an Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd soll zwischen 1,8 und 2,3 liegen.

Das Gewichtsverhältnis von Kieselsäure zu Tonerde soll nicht niedriger als 2,5 sein. Der Gehalt an Magnesia und Schwefelsäureanhydrid soll im Gewicht 5 bezw. 2,5% nicht überschreiten; der Gesamtgehalt beider Bestandteile soll nicht höher als 6,5% sein.

Der gesamte Schwefelgehalt soll 1,25% nicht überschreiten.

Der im Zement enthaltene Wassergehalt soll 2% des Gewichts nicht überschreiten und der Glühverlust nicht grösser als 4% sein.

Die Probennahme und die Absendung der Proben an das offizielle Laboratorium soll, innerhalb 15 Tagen vom Tage der Lieferung gerechnet, erfolgen.

Mahlfeinheitsprüfung.—Die Maximalrückstände in Gewichtsprozenten sollen wie folgt sein:

auf dem Siebe von 900 Maschen/qcm: 1%
auf dem Siebe von 4900 Maschen/qcm: 16%.

Spezifisches Gewicht.—Das spezifische Gewicht des trocknen Zements soll nicht weniger als 3,05 betragen.

Abbindezeit.—Der Abbindebeginn eines reinen Zementbreis von Normalkonsistenz soll nicht früher als 45 Minuten nach dem Anmachen erfolgen, und das Abbindeende soll nicht später als nach 12 Stunden eintreten.

Raumbeständigkeit.—Reiner Zementbrei von Normalkonsistenz soll ein konstantes Volumen besitzen. Diese Eigenschaft soll durch Prüfung von Kuchen, die an der Luft sowie im Wasser gelagert und der Kochprobe unterworfen werden, kontrolliert werden.

Festigkeiten.—Die Mindestzugfestigkeit von Mörtelprobekörpern, welche aus einem Gewichtsteil Zement und drei Gewichtsteilen Normalsand zusammengesetzt sind, sollen wie folgt sein:

Nach 7 Tagen: 1 Tag feuchte Luft, 6 Tage unter frischem Wasser 19 kg/qcm.

Nach 28 Tagen: 1 Tag feuchte Luft, 27 Tage unter frischem Wasser 23,5 kg/qcm. Die Mindestdruckfestigkeiten von Mörtelprobewürfeln aus einem Gewichtsteil Zement und drei Gewichtsteilen Normalsand sollen wie folgt sein:

Nach 7 Tagen: 1 Tag feuchte Luft, 6 Tage unter frischem Wasser 190 kg/qcm.

Nach 28 Tagen: 1 Tag feuchte Luft, 27 Tage unter frischem Wasser 281 kg/qcm.

Tonerdezement.

Begriffserklärung.—Tonerdezement wird erhalten durch Brennen einer innigen Mischung, deren Hauptbestandteile Bauxit und kohlensaurer Kalk sind, sofern der Tonerdegehalt in dem Enderzeugnis nicht geringer als 40% und der Eisenoxydgehalt nicht höher als 12% ist.

Mahlfeinheit.—Der Rückstand auf dem Siebe von 900 Maschen/qcm soll ½% und der auf dem Siebe von 4,900 Maschen/qcm nicht grösser als 6% sein.

Spezifisches Gewicht.—Das spezifische Gewicht soll grösser als 3,05 sein.

Abbindezeit.—Der Abbindebeginn soll nicht eher als nach dem Verlauf von 30 Minuten eintreten, und das Abbindeende soll innerhalb von vier Stunden, gerechnet vom Zeitpunkt des Anmachens, erfolgen.

Raumbeständigkeit.—Kuchen aus reinem Zement mit einem durch die vorherigen Prüfungen bestimmten Wassergehalt sollen nach dem Abbinden keine Oberflächenrisse aufweisen.

Festigkeiten.—Probekörper in 8er Form aus reinem Zement sollen bei einer Serie von sechs Prüfkörpern eine mittlere Mindestzugfestigkeit von 28 kg/qcm nach 24 Stunden und von 60 kg/qcm nach drei Tagen besitzen.

Betone, welche aus Feinkies—zwischen 0,95 und 1,9 cm—und kieselhaltigem Sand von 0,1 bis 0,15 cm bestehen und im Verhältnis von 299 kg Zement zu 0,85 cbm Feinkies zu 0,4 cbm Sand mit 130 l Wasser gemischt und mit 30 Schlägen eines 1,5 kg schweren, 20 cm fallenden Hammers eingerammt sind, sollen Druckfestigkeiten geben, die höher als folgt liegen:

nach 24 Stunden: 221,5 kg/qcm
nach 28 Tagen: 230 kg/qcm.

Hochwertiger Portlandzement.

Begriffserklärung.—Hochwertiger Portlandzement ist ein frühhochfester Zement, der aus den wesentlichen Bestandteilen von Portlandzement in Mengen, die von denen des letzten Materials sich unterscheiden dürfen, besteht, vorausgesetzt, dass die für Portlandzement zugelassenen Grenzwerte für Schwefel, Magnesia und Schwefelsäureanhydrid nicht überschritten werden und dass Zusätze 6% nicht überschreiten.

Mahlfeinheit.—Diese Zemente sollen auf dem Siebe von 900 Maschen/qcm einen Rückstand von ½% und auf dem Siebe von 4,900 Maschen/qcm einen solchen von 6% besitzen.

Spezifisches Gewicht.—Das spezifische Gewicht soll grösser als 3,05 sein.

Abbindezeit.—Der Abbindebeginn soll nicht eher als nach dem Verlauf von 30 Minuten eintreten, und das Abbindeende soll innerhalb 10 Stunden, gerechnet vom Zeitpunkt des Anmachens, erfolgen.

Raumbeständigkeit.—Ein normengemässer Kuchen aus reinem Zement soll konstantes Volumen besitzen, und diese Eigenschaft soll kontrolliert werden an Kuchen, die an der Luft getrocknet sind und der Kochprobe unterworfen wurden.

Festigkeiten.—1 : 3 gemischte, mit Kieselsand von 0,1 bis 0,15 cm angefertigte Mörtel sollen folgende Zugfestigkeitswerte erreichen:

nach 3 Tagen 25 kg/qcm
nach 7 Tagen 30 kg/qcm
nach 28 Tagen 38 kg/qcm.

Die Druckfestigkeiten sollen wie folgt sein:

nach 3 Tagen 250 kg/qcm
nach 7 Tagen 352 kg/qcm
nach 28 Tagen 450 kg/qcm.

Beton wird aus Würfeln von 20 cm Kantenlänge in dem Verhältnis von 299 kg Zement zu 0,4 cbm feinem Sand von 0,1 bis 0,15 cm Korngrösse zu 0,85

cbm Feinkies von 0,95 bis 1,9 cm Korngrösse und 130 l Wasser geprüft, nachdem die Masse mit einem 5 kg schweren Hammer, der aus einer Höhe von 20 cm auf eine Platte, welche die Probe enthält, herabfällt, eingerammt ist. Nach 20 Hammerschlägen soll der Beton folgende Festigkeiten besitzen: nach 2 Tagen 180 kg/qcm; nach 7 Tagen 230 kg/qcm.

Schlackenzements.

Begriffserklärung.—Schlackenzement ist eine hydraulisches Erzeugnis, das erhalten wird durch Mahlen granulierter Hochofenschlacke mit wenigstens 15 Gewichtsprozent Portlandzementklinker, indem beide Materialien zusammengemahlen werden, um eine innige Mischung zu erhalten. Dass Verhältnis zwischen den wesentlichen Bestandteilem soll folgenden Bedingungen entsprechen

$$\frac{CaO + MgO}{SiO_2 + \frac{1}{3} Al_2O_3} > 1.$$

Die Zusätze zur Regulierung der Abbindezeit sollen 3 Gewichtsprozente nicht überschreiten.

Mahlfeinheit.—Der Rückstand auf dem Siebe von 900 Maschen/qcm soll weniger als 1% und der auf dem Siebe von 4,900 Maschen/qcm weniger als 12% betragen.

Spezifisches Gewicht.—Das spezifische Gewicht soll grösser als 3,05 sein.

Abbindezeit.—Der Abbindebeginn soll nicht vor Verlauf von einer Stunde erfolgen. Das Abbindeende soll innerhalb von 12 Stunden, gerechnet vom Augenblick des Anmachens, eintreten.

Raumbeständigkeit.—Die Raumbeständigkeitsprüfung ist die gleiche wie für Portlandzement, nämlich mit einem Normalbrei, der auf einer reinen Glasplatte in drei Kuchen hergestellt wird, die etwa 10 cm Durchmesser und in der Mitte eine Stärke von 1,6 cm besitzen und nach den Rändern an Stärke abnehmen. Einer dieser Kuchen soll in feuchter Luft gelagert, der zweite nach 24 Stunden in frisches Wasser gelegt und der dritte der Kochprobe unterworfen werden, wobei bei der letzteren die Temperatur im Verlauf einer halben Stunde auf 100° C. ansteigen soll und diese Temperatur 2½ Stunden beibehalten werden soll.

Die beiden ersten Kuchen werden nach 7 und 28 Tagen untersucht, und alle etwa aufgetretenen Verkrümmungen müssen notiert werden. Ist die Kochprobe bestanden, so soll der Zement als raumbeständig gelten; in Fällen, wo sie unbefriedigend ausgefallen ist, soll der Zement erst dann endgültig zurückgewiesen werden, wenn er der kalten Probe unterworfen wurde, die als entscheidend gelten soll.

Während der Anfertigung und der Lagerung der Kuchen soll die Temperatur von Luft und Wasser zwischen 15 und 18° C. erhalten bleiben; die Luft soll feucht sein, und es darf kein Luftzug herrschen.

Festigkeiten.—Die Zugfestigkeit von 1 : 3 gemischtem Mörtel soll nach 7 Tagen 17 kg/qcm und nach 28 Tagen 20 kg/qcm überschreiten.

Bezüglich der Druckfestigkeit sollen die 1 : 3 Mörtel einem Druck von 169 kg/qcm nach 7 Tagen und von 210 kg/qcm nach 28 Tagen widerstehen.

Puzzolanzement.

Begriffserklärung.—Puzzolanzement ist ein Zement, der entsteht durch Zusatz von Puzzolan zu einem Portlandzement.

Puzzolane.—Zum Zwecke dieser Normen wird " Puzzolan " als ein Erzeugnis natürlichen und künstlichen Ursprungs angesehen, das mit Weisskalk gemischt, zementähnliche Verbindungen ergibt.

Mahlfeinheit.—Puzzolanzement soll die gleiche Mahlfeinheit wie Portlandzement besitzen.

Raumbeständigkeit.—Puzzolanzement soll die Bedingungen erfüllen, die in diesen Normen für Portlandzement vorgeschrieben sind.

Festigkeiten.—Die Festigkeiten sollen wenigstens den für Portlandzement abzüglich 20% gleich sein. Die Menge an freiem Kalk soll gemessen werden, und sie muss langsam abnehmen so, dass nach einem Monat weniger als 30% verbleiben.

Zumaya-Zement.

Begriffserklärung.—Zumaya-Zement ist ein natürlicher, schnellbindender Zement, der durch das Brennen von Mergeln ohne weiteren Zusatz anderer Rohmaterialien vor dem Brande entsteht. Zumaya-Zement wird erhalten durch Kalzinieren von Mergeln folgender Zusammensetzung:

Kieselsäure	17,5—23	Prozent.
Eisenoxyd	1,5— 3	,, ,,
Tonerde	6,5— 3	,, ,,
Kalk	33,5—37	,, ,,
Magnesia	0,0— 1,5	,, ,,

Diese Mergel werden mit Braunkohlen, die dem Rohmaterial im Verhältnis von 300 bis 350 kg per Tonne fabrizierten Zement zugesetzt sind, kalziniert, wobei die Zusammensetzung des Brennstoffs wie folgt ist:

Vorproben:

Feuchtigkeit	2.3— 5,5	Prozent.
Flüchtige Bestandteile	6,0—13,0	,, ,,
Asche	66,0—77,0	,, ,,
Gebundener Kohlenstoff	15,0—21,0	,, ,,
Heizwert	1400—1650	Kal/kg.

Elementaranalyse:

Kohlenstoff gebunden	15 —21,0	Prozent.
Wasserstoff	1 — 1,5	,, ,,
Stickstoff	0 — 1,0	,, ,,
Schwefel	0 — 3.8	,, ,,
Sauerstoff	4,5— 6,0	,, ,,

Die als Brennstoff verwendeten Braunkohlen setzen Puzzolanaschen folgender Zusammensetzung zu:

Kieselsäure	45 —58	Prozent.
Tonerde	20 —30	,, ,,
Eisenoxyd	0 —13	,, ,,
Kalk	5 — 8	,, ,,
Magnesia	0 — 1,75	,, ,,
Alkalien	0 — 2,0	,, ,,
Schwefelsäureanhydrid	5,0	,, ,,

Chemische Analyse.—Zumaya-Zement soll nicht mehr als 3,5% Schwefelsäureanhydrid, noch einen höheren Magnesiagehalt als 0,5% enthalten, und der Glühverlust soll 10% nicht überschreiten.

Abbindezeit und Raumbeständigkeit.—Das Abbinden von Zumaya-Zement soll zwischen 3 und 15 Minuten beginnen und nach 5 bis 25 Minuten beendet sein. Dieser Zement soll den gleichen kalten Prüfungen wie Portlandzement unterworfen werden, um seine Raumbeständigkeit zu bestimmen, und er soll während 7 Tagen keine Aenderung aufweisen.

Festigkeiten.—Die für die Prüfung der Zug-und Druckfestigkeiten angefertigten Probekörper sollen die üblichen wie für Portlandzement benutzten Dimensionen besitzen, doch soll nur normaler reiner, mit 50% Wasser gemischter Brei verwendet werden. Die Probekörper sollen während des ersten Tages in der Luft und dann unter Wasser gelagert werden; sie sollen den gleichen Temperatur, Druck-und Feuchtigkeitsbedingungen, wie für Portlandzement im Gebrauch, ausgesetzt werden. Prüfungen sollen nur nach 7 und 28 Tagen erfolgen.

Mindestzugfestigkeiten.—Luftlagerung.—Nach 7 Tagen: 8 kg/qcm; nach 28 Tagen: 10 kg/qcm.

Wasserlagerung.—Nach 7 Tagen: 6 kg/qcm; nach 28 Tagen: 10 kg/qcm.

Mindestdruckfestigkeiten.—Luftlagerung.—Nach 7 Tagen: 35 kg/qcm; nach 28 Tagen: 40 kg/qcm.

Wasserlagerung.—Nach 7 Tagen: 29 kg/qcm; nach 28 Tagen: 35 kg/qcm.

Vergleich.

Ein Vergleich dieser neuen Normen mit der letzten, von 27. Mai 1919 datierten Ausgabe zeigt folgende Aenderungen an.

Begriffserklärung.—Es ist vorgeschrieben worden, dass Gips als alleiniger Zusatz zu Portlandzement zu gelten hat.

Chemische Zusammensetzung. Bei der Aufstellung einer Beziehung zwischen dem Kalk und den Zementbestandteilen ist Eisenoxyd mit aufgenommen worden, das früher nicht mit zur Betrachtung herangezogen war. Der Höchstgehalt von Magnesia darf von 3 auf 5% erhöht werden. Die bei gleichzeitiger Anwesenheit von Schwefelsäureanhydrid vorgeschriebene Begrenzung ist von 5 auf 6,5% erhöht worden. Der gesamte zugelassene Schwefelgehalt ist von 1 auf 1,25% gesteigert worden.

Mahlfeinheit.—Die Rückstände sind wie folgt reduziert worden:

auf dem Siebe von 900 Maschen/qcm von 3 auf 1%
auf dem Siebe von 4,900 Maschen/qcm von 25 auf 16%.

Abbindezeit.—Als Mindestgrenze für den Abbindebeginn sind 45 Minuten anstelle von früher 30 Minuten vorgeschrieben worden. Hinsichtlich des Abbindeendes ist ein Maximum von 12 Stunden an die Stelle des früher erlaubten Spielraums von 4 bis 14 Stunden getreten.

Festigkeiten.—Die Zugfestigkeit 1 : 3 gemischter, wassergelagerter Mörtelprobekörper ist wie folgt gesteigert worden: Nach 7 Tagen von 16 kg/qcm auf 19 kg/qcm, nach 28 Tagen von 20 kg/qcm auf 23,5 kg/qcm. Die Druckfestigkeit von 1 : 3 wassergelagerten Mörtelprobekörpern ist wie folgt gesteigert worden: Nach 7 Tagen von 140 kg/qcm auf 190 kg/qcm, nach 28 Tagen von 180 kg/qcm auf 281 kg/qcm.

Die neuen Normen für hochfeste Zemente sind in zwei Klassen eingeteilt worden, nämlich die Tonerdezemente und die hochwertigen Portlandzemente. Bisher waren diese in Spanien noch nicht genormt.

Notiz.

Sämtliche in Cement and Cement Manufacture veröffentlichten Beiträge sind, gleich in welcher Sprache sie erscheinen, durch „Copyright" geschützt und dürfen weder in anderen Zeitschriften noch in der Form von Katalogen ohne Erlaubnis des Eigentümers Concrete Publications, Ltd., Dartmouth Street, 20, Westminster, London (England) nachgedruckt werden.

Buchbesprechung.

" Some Writers on Lime and Cement from Cato to the Present Time." Von Charles Spackman. Cambridge: Heffer. Preis: 15 Schilling.

Der Verfasser dieses Werkes ist im Besitz einer einzigartigen Bibliothek der Zementliteratur, und er teilt diesen Schatz mit seinen Lesern, indem er eine kurze Uebersicht des Inhalts jedes Buches und jeder Broschüre gibt, und indem er ins Einzelne geht und betont, was besonderes Interesse beansprucht, besonders, wenn es sich um geschichtliche Marksteine hinsichtlich Zement und seines Vorläufers Kalk handelt. Das Ergebnis ist ein Dokument von grossem Interesse für den Zementfabrikanten und eine unschätzbare Aufzeichnung für den Zementstudenten, weil er hier eine ausführliche Bibliographie hat, die er bei etwas Scharfsinn benutzen kann, um die für seine Zwecke notwendigen Veröffentlichungen sich auszusuchen. Der Fabrikant kann das Buch benutzen, um festzustellen, ob ihm irgend ein Beitrag der Zementliteratur in einer anderen als seiner eigenen Sprache entgangen ist, und es wird ihm auch den peinlich langsamen Fortschritt enthüllen, der in mancher Beziehung gemacht worden ist.

Vitruv, der z.B. zur Zeit der ersten Christen lebte, schrieb über den Wert sowohl natürlicher wie künstlicher (gemahlene Ziegelsteine und Dachziegel) puzzolanartiger Stoffe bei ihrer Verwendung mit Kalk, und man wird wohl fragen dürfen, wie weit wir in 1900 Jahren wissenschaftlicher Anwendung dieser Entdeckung gekommen sind. Es ist verblüffend, dass 1808 für das Leuchtturmgebäude Puzzolan so hoch im Preise stand, dass bis zu RM.306.— per Tonne dafür bezahlt wurde. Die wohlüberlegte Erzeugung von Puzzolanen durch Brennen von Schiefer,—zum Unterschied gegen die Verwendung von zerkleinerten Ziegeln und Dachziegeln—, datiert von 1778.

Eine 1774 veröffentlichte Broschüre betitelt sich: „ Ein praktischer Versuch . . . mit Kunststein . . . zur Herstellung von . . . architektonischen Ornamenten." Wahrscheinlich wissen nur wenige Hersteller von Betonwaren, dass ihre Industrie so weit zurück datiert. Die Zusammensetzung von Beton auf der Grundlage von Hohlraummessungen wurde von George Semple, einem Dubliner Architekten, in einem 1776 veröffentlichten Buche vorgeschlagen.

Eine interessante Notiz betrifft die seit den ältesten Zeiten irrige Anschauung, dass guter Kalk nur aus einem harten Kalkstein erhalten werden kann. Smeaton, berühmt wegen seines Eddystone-Leuchtturms, entdeckte, dass die festesten Kalke diejenigen waren, welche aus der grauen unteren Kreide erhalten wurden, doch war es notwendig, solchen Kalk als „ Graustein " zu beschreiben, um seine Einführung auf dem Markte zu sichern. Diese Bezeichnung hat sich bis heute gehalten.

Der Name de Morveau, eines 1737 geborenen französischen Chemikers, taucht vor Vicat mit der Erfindung des künstlichen hydraulischen Kalks oder Zements auf, welchen er durch Brennen einer feingemahlenen Mischung von Kalkkarbonat, Ton und Manganoxyd erhalten hat. De Morveau verfiel in den Irrtum, die Festigkeit des Erzeugnisses dem Mangan zuzuschreiben.

Eine frühzeitige Anspielung, die den Keim zu dem Gedanken der Betonmischmaschine legte, hat ein gewisser Daudin gemacht, der eine vertikale Lehmmühle zur Mörtelmischung in einem, 1808 veröffentlichten Buche beschreibt. Der Preis der Maschine wird mit 700 bis 800 Franken angegeben, welcher wie behauptet wird, sich nicht nur bei viermonatlichem Gebrauche bezahlt mache, sondern die überdies einen besseren Mörtel ergeben würde.

Eine belustigende Anekdote stammt aus einem Buche von Fleuret vom Jahre 1807, wonach der beim Kalklöschen entwickelte Dampf den Appetit anregt und daher im Kalk zurückgehalten werden sollte, um zur Erhärtung beizutragen.

Es ist bezeichnend, dass man den Rat, den man heute oft trifft, die Verwendung überschüssigen Wassers zu vermeiden und Steine sowie Ziegel satt zu tränken, bevor sie mit Mörtel in Verbindung gebracht werden, bereits ein Jahrhundert früher gedruckt findet.

Es würde möglich sein, diese Zitate der einzelnen Punkte von menschlichem und technischem Interesse, an denen das Werk überreich ist, fortzusetzen. Man kann den Ursprung und die Entwicklung vieler heute als modern angesehener Gedanken verfolgen, es gibt indessen unter der Sonne nichts Neues, und Betonbrücken, -häuser und -rohre sind keineswegs, wie angenommen wird, Schöpfungen des zwanzigsten Jahrhunderts. Dieses ist ein Buch, welches in einem Zuge heruntergelesen und dann erneut mit Interesse zur Hand genommen werden kann. Die Menge der Literatur über englische Zementforschung ist offenbar klein, und es ist daher um so mehr notwendig, die Aufmerksamkeit auf einen Irrtum hinzulenken, bei welchem eine Broschüre über das Abbinden der Portland Cement Association anstelle der British Portland Cement Research Association zugeschrieben wird. S.G.S.P.

Henry Le Chatelier.

Meine Herren.—Im Anschluss an meinen Brief vom 15 März und, da ich seit dem Dezemberheft in Cement and Cement Manufacture kein Eingehen auf die, den Arbeiten von Henry Le Chatelier gewidmete, unvollständige Notiz gefunden habe, erlaube ich mir, Ihnen hiermit einen kurzen Abriss zu senden, der Ihren Lesern eine genauere Vorstellung von dem Leben und den Arbeiten des hervorragenden Gelehrten geben wird.

Nachdem Henry Le Chatelier an der Polytechnischen Schule 1869 Aufnahme gefunden hatte, wird er 1877 zum Chemieprofessor an der Pariser Bergschule ernannt und veröffentlicht 1881 seine Doktorarbeit über die „ Konstitution der hydraulischen Bindemittel," welche den grössten Widerhall fand. Zur gleichen Zeit verfolgte er in Gemeinschaftsarbeit mit Mallard zahlreiche Untersuchungen über die Entflammung von Gasgemischen und über die spezifische Wärme der Gase bei hohen Temperaturen. Etwas später, 1888, lässt er seine Untersuchungen über die chemischen Gleichgewichte als ein weiteres Hauptarbeitsgebiet der physikalischen Chemie erscheinen.

1898 geht er an das „ Collège de France " über, und vor einer zahlreicheren Hörerschaft behandelt er die wissenschaftlichen Untersuchungen verschiedener industrieller Probleme, besonders die Metallegierungen und das Messen hoher Temperaturen, denen er zahlreiche und bedeutende Untersuchungen widmet. 1907 wird er zum Professor an der Sorbonne nach dem Tode von Moissan ernannt. Das erste Jahr seiner wissenschaftlichen Vorlesungen ist unter dem Titel „ Vorlesungen über Kohlenstoff " veröffentlicht worden. 1908 wird er zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften erwählt.

Die Untersuchungen von H. Le Chatelier umfassen ein sehr ausgedehntes Gebiet. Man kann die wesentlichen Gebiete wie folgt einteilen.

Theoretische Untersuchungen über die Grundgesetze der Energiewirtschaft. Die Untersuchungen der thermodynamischen Gesetze und ihrer Anwendung in der Chemie ist eine der ständigen Arbeiten von H. Le Chatelier gewesen, und sie haben es ihm ermöglicht, besonders das ,, Gesetz der Gleichgewichtsdeplazierung,'' das seinen Namen trägt, zu veröffentlichen. 1899 hat er die zu jener Zeit unbekannte Arbeit von Williard Gibbs über die Phasenregel, welche seitdem zum unentbehrlichen Leitstern der Untersuchungen des chemischen Gleichgewichts geworden ist, übersetzt, kommentiert und weiterentwickelt.

Die Untersuchung des Gesetzes von der Strahlung hat es ihm andererseits ermöglicht, die Konstruktion eines optischen Pyrometers zu verwirklichen, dessen Prinzip noch bei den modernsten Apparaten Anwendung findet.

Untersuchungen über Metallegierungen, Schmelzbarkeit, elektrische Leitfähigkeit, Dehnung, Mikrographie usw. Nicht damit zufrieden diese Frage für sich selbst zu studieren, hat er eine Phalanx zahlreicher Schüler herangebildet, von denen heute viele Meister ihres Faches geworden sind. Er hat eine, besonders diesem Forschungsgebiet und seiner Anwendung gewidmete Zeitschrift ins Leben gerufen, die ,, Metallurgische Revue.'' Sein Entwurf eines metallographischen Mikroskops ist zu allgemeiner Anwendung ebenso gelangt wie das Doppelgalvanometer Saladin—Le Chatelier zur bequemen Verwendung bei der Bestimmung kritischer Punkte.

Untersuchungen über das Messen erhöhter Temperaturen, die zur Schaffung des oben zitierten optischen Pyrometers und des Platin-Platin-Rhodium Thermoelements von absolut allgemeiner Anwendung führten. H. Le Chatelier hat sich stets zunächst mit der praktischen Anwendung seiner Entdeckungen befasst, indem er darauf hinwies und zeigte, dass bei aller Objektivität die Wissenschaft nicht steril sein dürfe, sondern, dass sie im Gegenteil auf ständige Verbesserung unserer Aktionsmittel abzuzielen habe. Im Rahmen dieser Gedanken über die bereits zitierten Untersuchungen und Anwendungen muss man ebenfalls seine Studien über die Entflammbarkeit von Gasgemischen, über die spezifischen Wärmen von Gasen bei hoher Temperatur, über schlagende Wetter und endlich über die Silikate und ihre Anwendungen in der Keramik, Glas-und Bindemittelindustrie erwähnen.

Dieser letzte Punkt, der die Leser von ,, Cement and Cement Manufacture '' besonders interessiert, ist der Gegenstand seiner ersten Arbeit gewesen; eine These aus dem Jahre 1881, die unbestreitbar das wichtigste zum Gegenstand erschienene Memoirenwerk darstellt und deren Schlussfolgerungen durch die Arbeiten der neuesten Zeit sich mehr und mehr bewahrheitet haben. Bis zum heutigen Tage hat H. Le Chatelier nicht aufgehört, sich für Zemente zu interessieren und zahlreiche Untersuchungen zu veröffentlichen über die Theorie des Abbindens und Erhärtens, über das Ablöschen von Kalken und Zementen, über das Treiben, über die Zersetzung durch Meerwasser und Sulfatlösungen, über die Tonerdezemente usw.

Erwähnt sei endlich noch, dass dieser Gelehrte sich in Frankreich zum Apostel der Taylor'schen Theorien über die rationelle Organisation der Arbeit gemacht hat.

DR. E. RENGADE.

Direktor des Zentrallaboratoriums
S.A. des Chaux et Ciments de Lafarge et du Teil.

Die Versammlung des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten.

Der Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten hielt in der Zeit vom 20-22. März seine diesjährige Generalversammlung ab, deren erster Verhandlungstag den internen Angelegenheiten des Vereins vorbehalten war, während die beiden übrigen Tage in gewohnter Weise eine Reihe von wissenschaftlichen und technischen Vorträgen brachten, deren Inhalt allgemeines Interesse bot und wie stets einen Beweis dafür lieferte, in welch ernster und, die Zementchemie befruchtender Weise der Verein seine wertvolle Arbeit leistet.

Dr. G. Haegermann: Ueber das Sintern von Portlandzementrohmasse.—Es war beabsichtigt, um die Arbeiten der Ofenkommission zu ergänzen, eine Methode auszuarbeiten, nach der die Sinterfähigkeit der verschiedenen Rohstoffe beurteilbar ist. Der naheliegende Vergleich mit dem Schmelzen von Segerkegeln musste naturgemäss ohne Ergebnis auslaufen, da Zement erst bei sehr hohen Temperaturen schmilzt, es in diesem Falle aber darauf ankam, den Temperaturbereich bis 1500° C. zu erfassen. Die Erhitzungsversuche zeigten deutliche Kurvenknicke infolge des Entweichens mechanisch beigemengten Wassers und des Hydratwassers sowie infolge des Kohlensäureaustritts und des Beginns der exothermen Reaktion. Ein weiterer Kurvenknick trat beim Abstellen des Ofens auf, da dann ein, die Sinterung darstellender Erstarrungspunkt,—vollständiges Schmelzen eines Teils der Masse—, fixiert wird. Der charakteristische Sinterpunkt ergab sich nach diesen Versuchen als zwischen 1275 und 1295° C. liegend.

Als ein weiteres Charakteristikum für die Feststellung, ob ein Zement gar gebrannt ist, sollte die Schwindung herangezogen werden, ohne dass sich indessen brauchbare Resultate mit einer besonders konstruierten Tastapparatur ergaben. Auch die Bestimmung der Dichte erwies sich als kein zuverlässiges Kriterium.

Bei weiteren Versuchen wurde die Rohmasse je 20 Minuten auf eine Temperatur von 1325, 1375, 1425 und 1475° C. erhitzt. Die Proben wurden nach dem Erhitzen auf ihren Gehalt an freiem Kalk nach dem Verfahren von Emele untersucht, weil angenommen wurde, dass bei Garbrand das Erzeugnis keinen freien Kalk mehr enthält. Doch stellte sich heraus, dass weder diese Prüfung noch die Kochprobe einen zuverlässigen Masstab für die Beurteilung der Güte des Brandes gewährleisten. Offenbar spielen in diesem Zusammenhange die Mahlfeinheit und die chemische Zusammensetzung des Rohmehls eine ausschlaggebende Rolle.

Um die Bedeutung der Mahlfeinheit experimentell zu erfassen, wurde ein Rohmehl durch ein Sieb von 10000 Maschen/qcm in zwei Teile zerlegt. Nach dem Brennen wies der siebfeinere Teil einen Gehalt von 0%, der gröbere einen solchen von 3,16% freien Kalk auf. Das Rohmehl musste also um so länger erhitzt werden, je weniger fein es gemahlen ist. Es ist endlich denkbar, dass auch der Magnesiagehalt die Menge des freien Kalks bestimmend beeinflusst. Dr. Haegermann setzt z. Zt. seine Versuche fort.

Prof. Dr. Eitel: Ueber die Hydrate des Tricalciumaluminats.—Prof. Eitel gab eine in Deutschland bisher kaum bekannte Uebersicht der Arbeiten von Prof. Dr. T. Thorwaldson von der Universität Saskatchewan (Canada). Dieser hat Beziehungen zwischen der Sulfatunbeständigkeit der Zemente und der Hydratation von Tricalciumaluminat aufgefunden. Eine Reihe von Hydraten

des 3 $CaO.Al_2O_3$ zeichnet sich durch seine Widerstandsfähigkeit gegen Sulfatlösungen aus; unter diesen ist besonders das Hexahydrat bemerkenswert, da es " regulär " kristallisiert. Die Versuche Thorwaldsons hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit des 6-Hydrats bei höheren Temperaturen bestätigten die Annahme über das Verhalten der 3 $CaO.Al_2O_3$—Hydrate beim Abbinden von Zement in sulfatischen Bodenlösungen. Thorwaldson erzielte eine wesentlich höhere Beständigkeit bei Behandlung mit gespannten Wasserdämpfen, weil diese eine ausreichende Bildung des beständigen Hexahydrats bewirkten, und weil die Reaktion des abgespaltenen Kalkhydrats mit geeigneten Zuschlagstoffen so beschleunigt wird, dass eine direkte Reaktion des $Ca(OH)_2$ mit den Sulfaten unmöglich gemacht wird.

Prof. Dr. W. A. Roth: Methoden zur Erforschung der Thermochemie des Zements.—Der Eintritt chemischer Reaktionen wird durch Wärmeentwicklung- oder Bindung angezeigt; man kann daher durch Messung dieser umgekehrt auf diese Reaktionen schliessen. Die Thermochemie des Portlandzements ist ein bisher noch stark vernachlässigtes Forschungsgebiet, zumal direkte Messungen kaum durchführbar sind. Die Kalorimeter-Methode Roths kann besonders auf Eisenerze, Karbonate und Silikate Anwendung finden. Beim Portlandzement tritt insofern eine Schwierigkeit ein, weil die Reaktionen der Zementbildung verhältnismässig langsam verlaufen. Für das Gelingen der Versuche ist die Wahl des richtigen Brennstoffes,—in diesem Falle wurde Rohmehl mit Paraffin gemischt—,von ausschlaggebender Bedeutung. Wenn das Gemisch in der Kalorimeter-Bombe unter komprimiertem Sauerstoff verbrannt wird, so kann man die Menge der Reaktionsprodukte bestimmen.

Sieht man von diesem Verfahren ab, so lässt sich nur indirekt arbeiten, indem man Rohmaterial und Enderzeugnis in der gleichen Säure löst, die Wärmetönungen misst und die Wärmetönung der chemischen Reaktion als Differenz bestimmt. Wegen der Schwierigkeit des Lösens von Ton in Säuren wurde ein Gemisch von Fluss-und Salzsäure gewählt. Um einen Angriff der Gefässe zu vermeiden, wurde ein solches aus Gold hergestellt und mit Kautschuk abgedichtet. Die Reaktion muss durch feinste Mahlung, Rühren und Erhitzen auf 50-100° C. gefördert werden. Die Versuche sollen nun, nachdem eine brauchbare Apparatur geschaffen wurde, auf Zement zur Anwendung gelangen, um sowohl die Bildungswärme wie die Abbindewärme zu bestimmen.

Prof. Dr. H. Kühl: Einfluss des Feinkornaufbaus auf die Festigkeitseigenschaften der Portlandzemente.—Kühl setzt voraus, dass der Zement dann die günstigste Zusammensetzung besitzt, wenn er in seinem Kornaufbau den von Fuller und Graf aufgestellten Kurven für die allerdings viel gröberen Kieskörnungen entspricht. Zu seinen Versuchen wählte er zwei Zemente, von denen der eine mit Windsichtung auf dem Werk, der andere aber in einer Laboratoriumsmühle gemahlen worden war. Der von Gonell konstruierte Sichtungsapparat wurde benutzt, um diese Zemente in sieben Fraktionen zu zerlegen, von denen jede um 10 μ sich im Korndurchmesser von der vorhergehenden unterschied.

Wegen der Mühe und Zeit, die mit Korntrennung in so feinen Grenzen verknüpft ist, mussten die Festigkeitsversuche sich auf das von Kühl ausgearbeitete Kleinprüfungsverfahren beschränken. Hieraus leiteten sich die sogenannten Wertzahlen ab, indem die Zugfestigkeit mit dem Zehnfachen, die Druckfestigkeit mit dem Doppelten multipliziert wurde. Wenn man zwischen den Wertzahlen und der inneren Oberfläche der Körnungen,—ermittelt durch angenähertes rechnerisches Verfahren—,Beziehungen aufstellt, so ergibt sich, dass die Wertzahl zwar mit der inneren Oberfläche wächst, dass dieses Wachsen

aber keineswegs im gleichen Verhältnis erfolgt. Ist die Körnung feiner als 20 μ, so steigt die durch die Wertzahl ausgedrückte Festigkeit nur noch sehr langsam. Dieses gilt für eine gleichmässige Zementkörnung.

Bei Mischungen aus vornehmlich den gröbsten und feinsten Körnungen ergab sich die gleiche Wertzahl wie beim unzerlegten Originalzement trotz wesentlich grösserer innerer Oberfläche. Sehr feiner aber gemischtkörniger Zement kann mit 30% ganz grobem Zement versetzt werden, ohne dass ein Festigkeitsabfall eintritt.

Danach ergeben sich zwei Möglichkeiten, Zement von hoher Festigkeit herzustellen:

(1) gleichmässiges, nicht zu feines Mittelkorn,
(2) sehr feines Korn mit Zumischung grober Anteile.

Prof. Dr. F. Krauss: Die Anschauungen über die Verbindungen höherer Ordnung und ihre Bedeutung für den Aufbau der im Portlandzement vorhandenen Stoffe.—Bei Durchsicht der, die Chemie des Portlandzements, insbesondere seine Konstitution behandelnden Literatur sind nach Krauss vielfach grundlegende chemische Gesetze ausser Acht gelassen worden. Die konsequente Einhaltung der Valenzregeln bei der Aufstellung von Konstitutionsformeln hat vielfach zu Unwahrscheinlichkeiten und Unmöglichkeiten geführt, zumal es zahlreiche Verbindungen gibt, deren Aufbau sich keineswegs allein durch die Valenztheorie der Atome erklären lässt. Krauss weist auf die Arbeiten von A. Werner hin, der auf Grund der Einführung der sogenannten Nebenvalenzen befriedigende Formulierungen für komplexe Verbindungen ermöglichte. Krauss behandelte dann den Aufbau der Silikate im allgemeinen und insbesondere der Calciumsilikate unter Berücksichtigung der Werner'schen Theorien, welche durch die Anschauungen Pfeiffers und durch röntgenographische Untersuchungen ihre Bestätigung gefunden haben.

Prof. Burchartz: Beitrag zur Bewertung der Kl-Lagerung[1] für die Praxis.—Nachdem Gensbaur 1927 zuerst den Abfall der Festigkeiten bei erneuter Wasserlagerung nach vorheriger kombinierter Lagerung als ein Kriterium für Treibverdächtigkeit angegeben hatte, hat sich zu dieser Frage eine Unzahl von Fachleuten, zumeist allerdings im entgegengesetzten Sinne, geäussert. Burchartz berichtete jetzt über umfangreiche Versuche, zu denen er fünf verschiedene Zemente, darunter auch einen Eisenportland- und einen Hochofenzement, benutzte und die bezwecken sollten, die strittige Frage zu klären. Die Versuche erstreckten sich auf:

(1) Normenprüfung (Deutsche Normen von 1927).
(2) Bestimmung der Zug-und Druckfestigkeiten von Normenproben nach:
  (*a*) 7 und 28 Tagen und 2 Monaten Wasserlagerung,
  (*b*) 28 Tagen und 2 Monaten kombinierter Lagerung,
  (*c*) 28 Tagen kombinierter Lagerung + 2 Tagen Wasserlagerung,
  (*d*) 28 Tagen kombinierter Lagerung + 1 Monat Wasserlagerung.
(3) Ermittlung der Druckfestigkeit der Betonmischungen 1 : 4 und 1 : 6 nach
  (*a*) 28 Tagen kombinierter Lagerung,
  (*b*) 28 Tagen kombinierter Lagerung + 2 Tagen Wasserlagerung,
  (*c*) 28 Tagen kombinierter Lagerung + 1 Monat Wasserlagerung.

(4) Bestimmung des Gewichts sämtlicher Probekörper unter den unter (2) und (3) angegebenen Lagerungsverhältnissen zum Zweck der Feststellung

[1] 1 Tag feuchte Luft, 6 Tage Wasser, 21 Tage Luft, 28 Tage Wasser.

der Wasserabgabe bei kombinierter Lagerung und der Wasseraufnahme bei der darauffolgenden Wasserlagerung.

Bei Bestimmung der Gewichte ergab sich, dass die Probekörper relativ wenig Wasser aufnehmen bei der Wasserlagerung. Die Zug- und in vermindertem Masse die Druckfestigkeiten der Normenmörtel weisen bei der erneuten Wasserlagerung allerdings gewisse Rückgänge auf, wobei die kurzfristige Wasserlagerung grösseren Einfluss besitzt als die langfristige. Das gleiche trifft auch für die Betondruckfestigkeiten in allerdings geringerem Umfange zu. Bei längerer Dauer der Wasserlagerung ist indessen kein Festigkeitsabfall feststellbar. Es bestehen weiter keine gesetzmässigen Beziehungen zwischen diesen Festigkeitsänderungen und dem Kalkgehalt der Zemente.

Abschliessend lässt sich daher sagen, dass das Verhalten der Zemente bei der Kl-Lagerung keinerlei Schlüsse für das Verhalten auf dem Bau rechtfertigt, die Prüfung nach dem Kl-Lagerungsverfahren also für die Praxis völlig bedeutungslos sei.

Prof. Dr. R. Nacken: Bestimmung der Bildungswärmen von Silikaten aus ihren Oxyden.—Auch Nacken befasste sich ähnlich wie Roth mit thermochemischen Zementproblemen. Nachdem er zunächst auf die Schwierigkeiten solcher Untersuchungen verwiesen und über die beiden von Roth ebenfalls behandelten Forschungsmethoden berichtet hatte, ging er zu dem experimentellen Ergebnis seiner Versuche über. Als Lösungsmittel verwendete er eine Mischung von Fluss- und Salz-bezw. Salpetersäure. Die Untersuchungen wurden naturgemäss erst dann durchführbar, bis die spezifischen Wärmen der Säuregemische bekannt waren bezw. es gelang, diese schnell von Fall zu Fall zu ermitteln. Das Prinzip dieses Verfahrens basiert auf der Tatsache, dass die abgewogene Menge einer unterkühlten Schmelze eine genau definierte Wärmemenge bei der Kristallisation abgibt. Aus der Temperatursteigerung bei der Kristallisation einer in einem Röhrchen befindlichen Menge unterkühlter Schmelze innerhalb der zu untersuchenden Flüssigkeit kann die spezifische Wärme bestimmt werden.

Da die Silikate sich verhältnismässig langsam lösen, müssen die Versuche in einem genau arbeitenden Thermostaten, in dem sich das Kalorimeter befindet, vorgenommen werden. Das Resultat der Nackenschen Versuche ist in den folgenden Tabellen zusammengestellt:

—	Spez. Wärme d.Säure.	Wasser-wert.	Angewandte Menge in g.	Temp.-anstieg.	Lösungs-wärme per g in cal.	Lösungs-wärme pro Mol. in Kal.
1. $\alpha - CaO.SiO_2$ ...	0,7355	150,19	0,5	0,583	437,803	50,768
2. $\beta - CaO.SiO_2$ ...	0,7355	150,19	0,5	0,561	421,037	48,996
3. $CaO + SiO_2$	0,7355	150,19	0,5	0,902	677,613	78,873
4. $\gamma - 2\ CaO.SiO_2$ (kristallisiert)	0,7355	150,19	0,5	0,715	537,304	92,671
5. $2\ CaO + SiO_2$ ...	0,7355	150,19	0,5	0,994	746,70	128,78
6. Bildungswärme von $Ca(OH)_2$ aus $CaO + H_2O$.						
(a) $CaO + H_2O$ in HCl	0,7934	170,00	0,2802 + 1,0411	1,462	908,00	50,912
(b) $Ca(OH)_2$ in HCl	0,7934	170,00	1,3213	3,209	412,88	30,59

$$CaO + 2\ HCl = CaCl_2 + H_2O + 50{,}912\ Kal.$$

$$Ca(OH)_2 + 2\ HCl = CaCl_2 + 2\ H_2O + 30{,}59\ Kal.$$

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + 20{,}322\ Kal.$$

7. Bildungswärme von Silikaten aus den Oxyden:

(a) Metasilikat + Oxyd = Orthosilikat.

$2\,CaO.SiO_2$	8,004	pro Mol. in Kal.
$2\,SrO.SiO_2$	8,296	,, ,,
$2\,BaO.SiO_2$	4,98	,, ,,
Pb_2SiO_4	1,456	,, ,,

(b) Orthosilikate.

——	Bildungswärme pro g in cal.	Bildungswärme pro Mol. in Kal.	Krist. Wärme pro g in cal.	Krist. Wärme pro Mol in Kal.	Umwandlungswärme pro Mol in Kal.
$2\,CaO.SiO_2$	209,396	36,109	——	——	——
$2\,SrO.SiO_2$	123,18	32,956	——	——	——
$2\,BaO.SiO_2$	67,88	25,19	——	——	——
Pb_2SiO_4 ...	10,804	5,410	7,222	3,659	——

(c) Metasilikate.

$\beta-CaSiO_3$	256,594	29,877	——	——	−1,722
$\alpha-CaSiO_3$	239,830	28,150	——	——	
$SrSiO_3$ ...	150,43	24,660	——	——	——
$BaSiO_3$ ...	94,58	20,209	——	——	——
$PbSiO_3$ ...	13,985	3,954	6,838	1,929	——

Dr. L. Forsén: Die chemische Wirkung von Gips und anderen Bindezeitverzögerern auf Portlandzementklinker.—Die Untersuchungen des Vortragenden, der die Wirkung der Zusätze stets auf reines Klinkermehl erprobte und die Wirkung der Verzögerer als stets rein chemische festellte, resultierten in folgendem, kurz zusammengefassten Ergebnis:

(a) Das schnelle Abbinden des reinen Klinkers basiert auf der Hydrolyse des unbeständigen Tricalciumaluminats nach folgender Formel:

$$3\,CaO.Al_2O_3 + 5H_2O = 2\,Al(OH)_3 + 3\,Ca(OH)_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

(b) Das Langsambinden durch Verzögerer, welche sphärolithisch ausgebildete Kristalle von Komplexverbindungen bilden, ist durch Reaktion (2) gekennzeichnet:

$$3\,CaO.Al_2O_3 + CaX_2 + 10\,H_2O = 2\left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\,Ca\\(H_2O)_2\end{pmatrix}_2\right]\begin{matrix}(OH)_2\\X\end{matrix} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Hierin bedeutet X den Säurerest (SO_4, NO_3, etc.). Durch Bildung von Komplexverbindungen wird das Tricalciumaluminat an der hydrolytischen Aufspaltung verhindert. Die Verzögerung der Reaktionsgeschwindigkeit beruht auf der verminderten Löslichkeit des Tricalciumaluminats in Calciumsalzlösungen. Bei Zusatz grösserer Mengen dieser Verzögerer tritt erneut Umschlag in Rapidbinder ein, da sich grosse Mengen sphärolithischer Kristalle bilden, was wiederum ein rein physikalischer Vorgang ist. Auf dieser Erscheinung beruht das sogenannte falsche Schnellbinden, über welches in Cement and Cement Manufacture wiederholt berichtet wurde.

(c) Bei stärkerer Konzentration dieser Art von Verzögerern tritt ein dem

Gipstreiben ähnliches Treiben ein durch Uebergang der Tetrol- in die Hexolverbindungen:

$$2\left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\\(H_2O)_2\end{pmatrix}Ca\right]_2(OH)_4 + 3CaX_2 = 2\left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\end{pmatrix}Ca\right]_3X_6 + 4H_2O + Ca(OH)_2 \quad (3)$$

(d) Das Kalktreiben beruht auf der Bildung leichter löslicher Calcium-Hexol-Aluminiumhydroxyd-Verbindungen gemäss:

$$\left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\\(H_2O)_2\end{pmatrix}Ca\right]_2(OH)_6 + Ca(OH)_2 = \left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\end{pmatrix}Ca\right]_3(OH)_6 + 2H_2O \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

Wenn die Reaktion wie z.B. bei Zusatz von Aluminiumchlorid sehr schnell vor sich geht, so tritt ebenfalls falsches Schnellbinden ein, das aber nicht auf Hydrolyse beruht sondern auf der reichlichen Bildung von Sphärolithen.

Prof. O. Graf: Schutz des Betons gegen angreifendes Wasser.—Der Redner berichtet über Erfahrungen mit verschiedenen Zementsorten und behandelt eingehend den Einfluss von Magnesiumchlorid und- sulfatlösungen. Beton, der geschützt werden soll, muss möglicht dicht hergestellt werden.

Dr. A. Hummel: Die Auswirkung von Siebanalysen und der Abrams'sche Feinheitsmodul.—Der Dichtigkeitsgrad ist keineswegs immer ein Masstab für die höchste Festigkeit und die Siebanalysen der Zuschlagstoffe führen in dieser Beziehung häufig irre.

Nach den Versuchen Hummels ist besonders bei den Grobzuschlägen die Kornabstufung oft belanglos, aber auch bei den Sanden lässt sich das bisherige System der lückenlosen Gemischtkörnigkeit nicht mehr aufrecht erhalten. Hummel hält den von Abrams ausgearbeiteten Feinheitsmodul für ein zuverlässigeres Kriterium, da alle Zuschläge mit gleichem Feinheitsmodul gleichen Wasseranspruch besitzen und gleiche Festigkeiten ergeben.

A. B. Helbig: Verbesserungen in der Zementmüllerei.—Der hochinteressante, für die Betriebspraxis bedeutsame Vortrag Helbigs, dessen Einzelheiten hier auch nicht annäherungsweise wiedergegeben werden können, gipfelte in folgender Zusammenfassung: Das in der Vormühle erzeugte Gut gelangt auf einen Grobsichter, der Griese und Feinmehl separiert. Die Griese gehen zur Vormühle zurück, während das Feinmehl einem zweiten Sichter zugeführt wird, der nach dem Prinzip der Umlaufsichtung dieses von seinem Mehl befreit. Das so entstaubte Feinmehl wird dann in der Feinmühle gemahlen. Helbig teilte unter anderem folgende Leistungssteigerungen bei diesem Verfahren, das von der Firma Gebr. Pfeiffer-Kaiserslautern entwickelt wurde, mit: Bei einem Rückstand von 6-7% Rückstand auf dem Siebe von 4900 Maschen/qcm wird die Mühlenleistung von $10\frac{1}{2}$ auf $13\frac{1}{2}$ t, bei einem Rückstande von 0,5% von $7\frac{1}{2}$ auf 10 t gesteigert. Der Kraftbedarf fiel gleichzeitig von 51,7 auf 40,2 KW/Stunde je Tonne.

Umwandlung der Masse bei den Uebersetzungen.

Bei allen übersetzten Artikeln sind die Gewichts-und Masseinheiten angenähert in englische oder metrische Einheiten umgewandelt.

Ein modernes deutsches Zementwerk.

Das Werk der Aktiengesellschaft Kursachsen Portland-Zementwerke liegt bei Carsdorf a/U., in der Nähe von Naumburg a/S., mitten im Industriegebiet und in der Nähe der Braunkohlengruben Mitteldeutschlands. Das Werk (Abb. 1, Seite 828), liegt an einer Eisenbahn-Nebenlinie, die über Naumburg an der einen Seite mit der Hauptlinie Berlin-Halle-Erfurt-Frankfurt a/M. Verbindung hat, andererseits über Artern mit dem Harz in Verbindung steht. Carsdorf liegt an dem Flusse Unstrut, der in die Saale mündet, und da diese beiden Flüsse schiffbar sind, hat Carsdorf auf dem Wasserwege Verbindung mit dem grössten Teile Nord- und Mitteldeutschlands. Der erste Teil des Werkes wurde im Herbst 1928 in Betrieb gestellt, und gleichzeitig wurde eine Erweiterung des Werkes angefangen, so dass das gesamte erweiterte Werk im Sommer 1929 in Betrieb genommen wurde.

Die Rohmaterialien sind Kalkstein und Ton. Der Kalkstein ist der in Mitteldeutschland sehr verbreitete Muschelkalk, und als Ton wird der sogenannte Röt verwendet. Das Werk arbeitet nach dem Nassverfahren, und der Fabrikationsgang ist folgender, siehe nebenstehende schematische Abbildung des Werkes (Abb. 2, Seite 829).

Abb. 2 zeigt: (1) Drahtseilbahn für Kalkstein; (2) Steinbrecher für Kalkstein; (3) Tonzufuhr; (4) Walzwerk für Kalkstein und Ton; (5) Förderband für Kalkstein und Ton; (6) Förderband für Sand und dgl.; (7) Silo für Kalkstein; (8) Silo für Ton; (9) Silo für Sand u. dgl.; (10) Telleraufgabevorrichtungen (11) Aufgabeband; (12) Rohmühlen; (13) Becherwerke für Schlamm; (14) Schlammverteilung; (15) Silos für Schlamm; (16) Kompressoren; (17) Schlammaufgabevorrichtung; (18) Unax-Öfen; (19) Kohlenbrecher; (20) Becherwerk; (21) Förderband für Kohle; (22) Kohlenlager; (23) Behälter für nasse Kohle; (24) Kohlentrockentrommeln; (25) Becherwerk für getrochnete Kohle; (26) Behälter für getrocknete Kohle; (27) Kohlenmühlen; (28) Becherwerk für Kohlenstaub; (29) Behälter für Kohlenstaub; (30) Kohlenmessschnecken; (31) Ventilator; (32) Förderrinne für Klinker; (33) Kettenförderer für Klinker; (34) Klinkerlager; (35) Behälter für Klinker; (36) Behälter für Gips; (37) Telleraufgabevorrichtungen für Zementmühle; (39) Zementwaagen; (40) Becherwerk für Zement; (41) Zementsilos; (42) Flux-Förderer; (43) Kompressor; (44) Vakuumpumpe; (45) Flux-Packerei; (46) Bahngleis.

Der Kalksteinbruch liegt in einer Entfernung von etwa 500 m vom Werk und etwa 70 m höher. Der Kalkstein wird im Steinbruch durch Sprengung gewonnen und vorläufig noch mit der Hand in Wagen eingeladen. Der Transport des Kalksteines vom Steinbruch bis zur Vorbrecherei des Werkes erfolgt durch eine Drahtseilbahn (Abb. 3, Seite 830), indem die Wagenkasten der oben erwähnten Wagen von den Untergestellen abgehoben und in die Hängegestelle der Drahtseilbahn eingehängt werden. Die Drahtseilbahn erfordert keine Kraft, da die beladenen Wagen dank dem Gefälle die leeren Wagen vom Werk in den Steinbruch in die Höhe ziehen. Die Bahn ist in der Weise automatisch eingerichtet, dass das Auskippen der Hängebahnwagen in den Steinbrecher automatisch, also ohne Bedienung, bewerkstelligt wird (Abb. 4, Seite 830).

Der Kalkstein wird zunächst in einem Maulbrecher vorgebrochen und läuft dann durch eigenes Gefälle in ein Walzwerk, wo er weiter zerkleinert wird.

Der Steinbrecher wirkt gleichzeitig als Speiseapparat für das Walzwerk. Der fertig zerkleinerte Kalkstein gelangt auf ein schrägstehendes Transportband, mit dem er in einen Kalksteinbunker über der Rohmühle befördert wird. Der Ton wird in unmittelbarer Nähe der Vorbrecherei gewonnen und dieser in Muldenkippern zugeführt. Die Maschinen in der Vorbrecherei sind derart angeordnet, dass der Ton direkt in das oben erwähnte Walzwerk eingestürzt werden kann.

Der Kalkbruch und der Tonbruch arbeiten in zwei verschiedenen Schichten; der Kalk und der Ton werden also in dem Walzwerk nicht zusammengemischt, sondern gelangen vielmehr getrennt durch das Walzwerk auf das oben erwähnte Transportband, und auch der Ton wird damit einem Tonbunker über der Rohmühle zugeführt. Unter jedem der oben erwähnten Bunker für Kalkstein und Ton ist ein Speiseteller aufgestellt, mit dem die Rohmaterialien im erforderlichen Verhältnis abgemessen werden können.

Die Rohmüllerei (Abb. 5, Seite 831) ist mit 2 Unidan-Mühlen ausgestattet; das Gemisch von Kalkstein und Ton kann jetzt der einen oder der anderen von diesen Mühlen zugeführt werden, oder es kann zwischen beiden geteilt werden. Am Einlauf in die Unidan-Mühlen wird Wasser zugegeben, und in den Mühlen, die als 3-Kammer-Mühlen ausgestaltet sind, wird das Rohmaterial zu einem Schlamm vermahlen. Die beiden oben erwähnten Speiseteller werden von einem gemeinsamen Motor mit regulierbarer Umdrehungsgeschwindigkeit getrieben, der Rohmüller kann deshalb durch Regulierung der Umdrehungsgeschwindigkeit die Menge des Rohmaterials, das der Mühle zugeführt wird, regulieren, ohne die Einstellung des Mengenverhältnisses zwischen den Materialien zu beeinflussen.

Ausser den oben erwähnten Bunkern für Kalkstein und Ton sind noch zwei, je mit einem Speiseteller versehene Behälter vorhanden, die bei Herstellung von hochwertigem Zement für Zusatzstoffe verwendet werden.

Die Rohmühlen werden mittels Reduktionsgetrieben von Motoren direkt angetrieben. Da infolge des Nassverfahrens kein Staub oder Schmutz vorhanden ist, ist ein besonderer Motorraum nicht erforderlich, sondern die Motore stehen in demselben Raume wie die Mühlen.

Von den Rohmühlen läuft der hergestellte Schlamm durch Rinnen in eine Grube bei der Schlammischabteilung. Die Schlammischabteilung besteht aus 4 zylindrischen Betonbehältern mit konischem Boden. Neben den Betonbehältern befinden sich 3 Schlammelevatoren. Diese Schlammelevatoren sind in Betonschächte eingebaut, indem diese Betonschachte gleichzeitig als tragende Baukonstruktionen dienen. Die Schlammelevatoren sind mit sehr grossen Bechern versehen und arbeiten mit ganz geringer Geschwindigkeit.

Von der oben erwähnten Grube kann der Schlamm durch einen Kanal einem der Schlammelevatoren zugeführt werden, der Schlamm wird dann mittels des Elevators zu einem Verteilungsapparat über den Schlammsilos transportiert. Der Schlamm kann von dem Verteilungsapparat in jeden einzelnen der Schlammsilos, je nachdem wie dies erforderlich ist, geleitet werden. Die Schlammsilos dienen gleichzeitig als Korrektionsbehälter; man kann deshalb den Schlamm von einem oder mehreren Silos in den zweiten Schlammelevator laufen lassen und durch diesen den gemischten Schlamm in irgend einen der Schlammsilos transportieren. Wenn der Schlamm fertiggemischt und für den Ofen bereit ist, wird er dem dritten Schlammelevator zugeleitet und mit diesem dem Schlammspeiseapparat für die Öfen zugeleitet.

Die 3 Schlammelevatoren sind derart eingerichtet, dass jeder einzelne für irgend einen der oben erwähnten Zwecke benutzt werden kann, wodurch man eine Reserve erreicht, da die Mischung der Schlammes nicht zu einer bestimmten Zeit zu erfolgen braucht. Um eine gleichmässige Zusammensetzung des Schlammes zu erreichen, erfolgt die Mischung des Schlammes in den Behältern mittels Druckluft, die von Kompressoren geliefert und durch den Schlamm geblasen wird.

Die Schlammspeiseapparate für die Öfen sind von spezieller Konstruktion und werden von elektrischen Motoren mit regulierbarer Umdrehungsgeschwindigkeit getrieben. Die Regulierung der Motore geschieht vom Brennerstande aus, und die gewünschte Schlammzufuhr wird dadurch vom Brenner reguliert.

Das Werk ist mit 2 Unax-Öfen (Abb. 6 und 7, Seite 831 und 832) ausgestattet; diese sind sowohl für natürlichen als auch für künstlichen Zug eingerichtet. Die Öfen werden von elektrischen Motoren mittels Reduktionsgetrieben direkt angetrieben. Da die Motore für regulierbare Umdrehungsgeschwindigkeit eingerichtet sind und von dem Brennerstand aus kontrolliert werden können, kann der Brenner die Umdrehungsgeschwindigkeit der Öfen regulieren. Da die Kühlereinrichtung des Unax-Ofens direkt am Ofen befestigt ist, liegen die Öfen niedrig in einer offenen Halle.

Wenn die gesinterten Klinker die Kühlereinrichtung des Ofens verlassen, werden sie mit einer Schüttelrinne durch einen Tunnel aus der Ofenabteilung abtransportiert. Sie gelangen, nachdem sie eine automatische Waage passiert haben, in eine Kettenfördervorrichtung, den sogenannten Cylcup-Förderer, mit der sie in das Klinkerlager befördert werden.

Mit dem Cylcup-Förderer können die Klinker an einer beliebigen Stelle des Klinkerlagers abgeworfen werden. Diese Fördereinrichtung dient gleichzeitig dazu, die gelagerten Klinker aus dem Lager heraus zu nehmen und sie in den Bunker über den Zementmühlen zu transportieren. Der Cylcup-Förderer geht nämlich durch einen Tunnel unterhalb des Klinkerlagers (Abb. 8, Seite 833) und entnimmt durch automatische Füllvorrichtungen Klinker aus dem Lager an derjenigen Stelle, wo dies gewünscht wird. Der Cylcup-Förderer hat weiter noch die Funktion, den Gips in den dafür bestimmten Bunker über den Zementmühlen zu transportieren.

Die Zementmühle ist mit 2 Unidan-Mühlen ausgestattet (Abb. 9, Seite 833). Diese Mühlen sind als 4-Kammer-Mühlen eingerichtet. Die Mühlen werden mittels Reduktionsgetrieben von Elektromotoren, die in einem separaten Motorraum aufgestellt sind, angetrieben. Unter jeder der Zementmühlen befindet sich eine automatische Waage. Der fertige Zement wird, nachdem er die automatische Waage passiert hat, mittels Transportschnecken und Elevator in einen der 4 Zementsilos gefördert.

Die Zementsilos aus Eisenbeton sind als zylindrische Behälter gebaut, und zwar in der Weise, dass sie—ohne Trichterboden oder Tunnel unter den Silos —direkt auf dem Boden stehen. Diese Bauweise ist dadurch möglich geworden, dass der Zement aus den Lagersilos in den Packsilo über der Packmaschine mittels eines pneumatischen Flux-Förderes gefördert wird. Dieser Förderapparat arbeitet in der Weise, dass der Zement mittelst am Boden eingelegter Rohrleitungen aus den Lagersilos abgesaugt und wie eine Flüssigkeit durch Rohrleitungen dem Packsilo zugepumpt wird. Der Flux-Förderer ist auf Rädern gebaut und daher beweglich. Der eine Flux-Förderer reicht deshalb für alle 4 Lagersilos aus, da er bei demjenigen aufgestellt werden kann, aus dem man den Zement abzupacken wünscht. Wenn erwünscht kann der Flux-

Förderer gegebenenfalls auch für die Mischung von Zement aus zwei Silos und Förderung in einen dritten benutzt werden.

Unter dem Packsilo befindet sich die Packmaschine, ein Flux-Packer, dessen Wirkungsweise ebenso eine pneumatische ist. Der Zement wird in Papiersäcke gepackt, und die gefüllten Säcke werden, wenn sie das richtige Gewicht erreicht haben, automatisch von der Packmaschine abgeworfen und rutschen direkt auf die Schubkarren hinunter. Vor den Silos und der Packmaschine liegt die Verladerampe für Eisenbahnwagen und im Anschluss daran die Verladerampe für Lastautos. Die mit gefüllten Zementsäcken beladenen Schubkarren können direkt in den Eisenbahnwagen oder in die Lastautos gefahren werden.

Die für die Fabrikation erforderlichen Kohlen werden dem Werke mit der Eisenbahn zugeführt. Die Kohlen werden von den Kohlenwagen in einen Trichter im Boden am Gleise eingestürzt. Sie gelangen, nachdem sie einen Kohlenbrecher passiert haben, in einen Elevator, mit dem sie auf ein Transportband gehoben werden. Dieses Transportband liegt in einer Gangbrücke, die von dem Elevatorturm schräg nach oben in die Kohlentrocknerei führt. (Abb. 10, Seite 834). Das Transportband mündet in der Kohlentrocknerei über 2 grossen Kohlenbunkern. So lange in diesen Bunkern Platz ist, wird die Kohle von den Eisenbahnwagen direkt in die Kohlenbunker transportiert. Wenn die Kohlenbunker gefüllt sind, kann die Kohle unterwegs vom Transportband abgestrichen werden und gelangt dadurch in das Kohlenreservelager, das sich unter der oben erwähnten Brücke befindet. Unter dem Kohlenreservelager ist ein Tunnel mit Entleerungsöffnungen für die Kohle, wodurch die Kohle mittels Kohlenwaggonetts aus dem Lager an den Kohlenelevator zurücktransportiert und dann durch Elevator und Transportband der Kohlentrocknerei zugeführt werden kann.

Unter den oben erwähnten grossen Kohlenbunkern befinden sich 2 Trockentrommeln, die mittels Messapparat von den Kohlenbunkern gespeist werden. Die getrockneten Kohlen werden, nachdem, sie in einer automatischen Waage gewogen sind, in 2 Kammer-Danula-Mühlen gemahlen und danach als Staubkohle mit Transportschnecken und Elevator den 2 Kohlenstaubbehältern, für jeden Ofen einer, zugeführt.

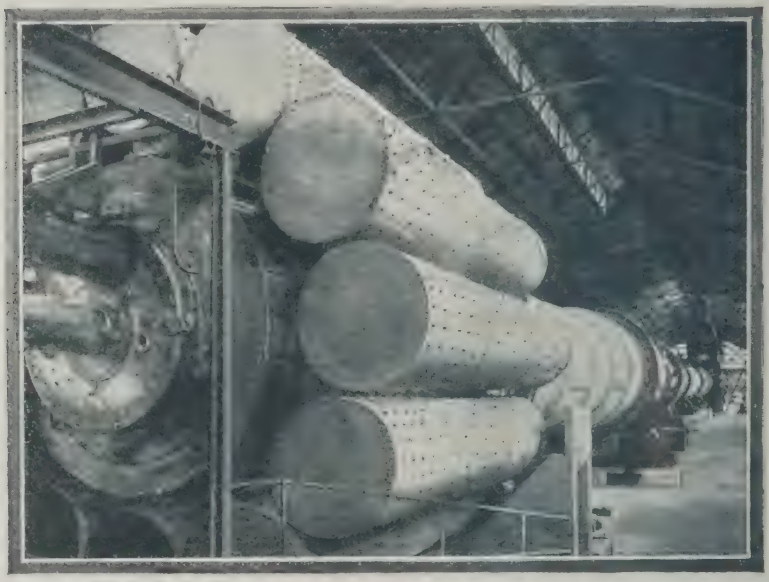
Unter den Kohlenstaubbehältern befindet sich die Kohlenmesseinrichtungen für die Oefen sowie der für die Einblasung erforderliche Ventilator (Abb. 11, Seite 834). Die Kohlenmesseinrichtungen werden mittels regulierbaren Elektromotoren angetrieben, die von dem Brennerstand aus reguliert werden können. Der durch die Entstaubungsanlage gewonnene Staub wird direkt in den Ofen eingeblasen und dadurch beseitigt, so dass die Kohlenmühle ganz staubfrei arbeitet.

Bei der Anlage ist überhaupt grosse Rücksicht darauf genommen, dass sie staubfrei arbeiten soll. Dieses ist u.a. dadurch erreicht worden, dass überall, wo Staub entstehen könnte, wie z.B. zwischen den Öfen und den Schornsteinen, in der Kohlentrocknerei und in der Zementmühle grosse Staubkammern mit automatischer Entleerung eingebaut sind.

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, sind die meisten Maschinen mit eigenem Elektromotor versehen. Die für das Werk erforderliche Kraft wird von einer Ueberlandzentrale erhalten. Der Strom wird dem Werk mit 30.000 Volt zugeführt und in einer Transformatorenstation auf 500 Volt heruntergesetzt. (Abb. 12, Seite 835).

Die Leistungsfähigkeit des Werkes beträgt augenblicklich 500 t pro Tag. Der entwurf des Werkes wurde von F. L. Smidth & Co. A/S, Copenhagen ausgearbeitet, welche Firma auch die gesamte Installation lieferte.

VICKERS-ARMSTRONGS LIMITED



El grabado reproduce uno de tres grandes hornos rotatorios "REFLEX" provisto de Recuperador patentado, fabricado por los Sres. Vickers-Armstrong, Ltd., de Barrow-in-Furness, Inglaterra. Este horno tiene una longitud total de 99.43 m., siendo el diámetro por encima de los cilindros del recuperador de 8.08 m.

Este tipo de horno hace que los cimientos y edificios puedan ser de una altura mínima, suministrando una economía de inversión de capital y una baja temperatura en los gases de salida, con reducido consumo de carbón. Diríjanse todas las solicitudes a los Talleres de

BARROW-IN-FURNESS, INGLATERRA.

Oficinas :

VICKERS HOUSE, BROADWAY, LONDON, S.W.1, INGLATERRA.

VOLUMEN 3. NÚMERO 6. JUNIO 1930.

CEMENT
AND
CEMENT MANUFACTURE
EL CEMENTO Y SU FABRICACIÓN.

SECCIÓN ESPAÑOLA

PUBLICADA POR CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, INGLATERRA.
Se publica el 20 de cada mes. Precio, 2 shillings el ejemplar.
Subscripción anual, 24 shillings, franqueo comprendido.

La trituración y molturación preliminar en la fabricación del cemento Portland.

por A. C. DAVIS, M.Inst.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.

DIRECTOR GERENTE DE FÁBRICAS DE LA ASSOCIATED PORTLAND CIMENT MANUFACTURERS, LTD.

La trituración y molturación son necesarias en casi todas las fases de la fabricación del cemento Portland. Las primeras materias, el combustible para el horno, la piedra de yeso y la reducción final del clinker a cemento, requieren todos ellos procesos de subdivisión. Tales procesos de trituración y molturación consumen, probablemente, del 80 al 85% de la energía total absorbida en las fábricas de cemento.

Cuando las primeras materias son blandas (gredas blancas y grises, margas y arcilla de ríos o tierras) la energía requerida para la molturación o desleimiento de las primeras materias es relativamente escasa, pero cuando se trata de primeras materias duras (calizas y esquistos) la cantidad de energía consumida es mucho mayor.

Las gredas blancas y grises y la marga suelen extraerse de canteras mediante una excavadora mecánica, y los trozos llevados a la sección de preparación son mucho mayores de lo que lo eran antes, cuando eran extraídos a mano. Este factor, sin embargo, no reviste mucha importancia, porque el material se " deslíe " en un molino desleidor, y a causa de su escasa consistencia, apenas existe una verdadera trituración o molturación.

Cuando las primeras materias son de clase más dura, es preciso triturarlas, y la molturación requiere, no sólo mayor consumo de energía, sino también mayor período de tiempo para llevarse a cabo. Al explotar las canteras de caliza, es costumbre extraer grandes bloques por medio de barrenos. Cuando estos bloques son trasladados por excavadoras mecánicas, el único límite puesto a su tamaño son las dimensiones de la cuchara excavadora, o el tamaño de la

boca de la trituradora. Cuando los trozos de piedra se trasladan a mano, el límite fijado a su tamaño o peso es la fuerza del operario, que tiene que levantarlos, y entonces es usual adoptar un límite de 22 kgs. para las piezas mayores. Cuando se adopta este método, la boca de la trituradora solamente debe ser lo suficientemente grande para admitir piezas de esta dimensión o peso, con tal que su cabida sea suficiente.

Hay distintas clases de trituradoras, cada una de las cuales posee sus propias características y está adaptada especialmente a un trabajo determinado. Algunas máquinas desmenuzan de una vez todo el material que las atraviesa; de algunas sale ya fino el material, mientras que otras no lo reducen más que hasta cierto límite.

Tanto las trituradoras de mandíbulas como las giratorias trabajan satisfactoriamente, dejando el material al tamaño antes mencionado; pero en tal caso, será precisa una segunda máquina, o de acabado, para preparar definitivamente el material antes de que pase al molino. Conviene decir que las trituradoras realizan el machacado más económicamente que ningún molino. La experiencia indica que el límite más económico para el trabajo que deben realizar las trituradoras y el que deben efectuar los molinos, está aproximadamente en un tamaño de grava que pase por un anillo de 1.9 cm. a 2.5 cm. Las trituradoras adecuadas deben suministrar al molino material de dicho tamaño. La relación de trituración de las trituradoras de mandíbulas y giratorias debe ser, aproximadamente, de 4 a 1, o de $4\frac{1}{2}$ a 1.

Con la máquina de tipo de martillos, dentro de límites razonables, no hay limitación para el tamaño de las piezas que entran por la boca de la máquina, ni tampoco para la relación de reducción que puede obtenerse. Este tipo de máquina equipado con una alimentación a propósito, admitirá pedazos cualesquiera de piedra caliza, de 0.90 m. a 1 m., por 0.60 m. a 0.75 m., por 0.45 m. a 0.30 m., y dará con dichos grandes pedazos de piedra un producto que pasará por un anillo de 2.5 cm. Una característica notable de la trituradora de martillos es su tendencia a producir material fino. Esto la hace muy adecuada para la trituración de las primeras materias destinadas a alimentar cualquier tipo de molinos.

El consumo habitual de energía de estas máquinas puede ser, por ejemplo, de 2 C.V. por tonelada para grandes relaciones de reducción, y de $\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ C.V. por tonelada para una reducción menos importante.

Para el funcionamiento satisfactorio de cualquier tipo de trituradora, es esencial la alimentación regular. No basta construir una gran tolva sobre la boca de la trituradora, y esperar que funcione satisfactoriamente, pues si la alimentación no es regular, la trituradora, o bien se atascará, o bien se quedará exhausta. La tolva debe construirse separada de la trituradora, e interponer un aparato alimentador. También debe instalarse algún tipo de separador magnético, siempre que haya que temer la entrada subrepticia de pedazos o piezas de hierro.

Trituradora de mandíbulas.—Probablemente, este es el tipo más antiguo de trituradoras. Una o más mandíbulas movibles trabajan contra una mandíbula fija, siendo producido el movimiento por una excéntrica o cigüeñal. La estructura fija de las máquinas de menor tamaño suele ser corrientemente de fundición, y en una sola pieza, pero las máquinas mayores suelen construirse con varias piezas de acero fundido. La máquina mayor que se ha fabricado hasta ahora tiene una abertura de mandíbulas de unos 2.5 m. por 1.75 m.

La machacadora de mandíbulas trabaja aproximadamente un 50% de su

tiempo de marcha. Es muy adecuada para los materiales duros, secos, cristalinos y no adherentes, pero no es a propósito para el yeso, ni otros materiales blandos parecidos. Como ya se ha mencionado anteriormente, la relación más eficaz de reducción es de aproximadamente 4 ó 4½ a 1. El calibre de las ranuras de la superficie de las mandíbulas debe guardar proporción con el tamaño del producto requerido. Las ranuras y acanaladuras en forma de V son las más apropiadas para los materiales que trata esta máquina.

Máquina giratoria.—Las máquinas giratorias son de invención más reciente. Funcionan el 100% de su tiempo de marcha, pero son mayores, más costosas, y no suelen ser tan adecuadas para desmenuzar como las de mandíbulas. La trituradora giratoria, en cambio, es más a propósito para el yeso. Cuando se emplea para el yeso, la superficie de trituración debe ser de sección acanalada, en forma semi-circular o estriada, mejor que en forma de V. La relación de reducción de esta máquina es aproximadamente la misma que la de la máquina de mandíbulas. La trituradora giratoria requiere mayor espacio vertical que una trituradora de mandíbulas de capacidad análoga.

Trituradora de rodillos.—Hay varios tipos de trituradoras de rodillos: de un solo rodillo, de dos; de superficie lisa o estriada; de rodillo de gran velocidad, de rodillos de pequeña velocidad accionados por engranajes, etc.

La máquina de un solo rodillo de pequeña velocidad accionada por engranajes es adecuada a la trituración de piedra caliza y materiales crudos similares. Esta máquina ha llegado a construirse con una capacidad de 350 a 400 toneladas por hora. El material con que se alimenta puede llegar a ser del tamaño de un cubo de 0,90 m. de arista, y el material producido puede ser como cubos de 0,15 m., y aún menor. Esta máquina requiere de 400 a 450 C.V. La trituración se efectúa por medio de la superficie dentada, ranurada o estriada, del rodillo de pequeña velocidad que impulsa el material contra una mandíbula fija. La máquina es de sólida construcción, y su relación de reducción es mayor que la de cualquiera de las anteriores máquinas. La capacidad de producción es también elevada. En la fig. 4 (pag. 816) se representa en corte.

Las máquinas de rodillos dobles, que trabajan a alta velocidad, se emplean a veces para reducir los pedazos que aún quedan de tamaño excesivo para poder alimentar con ellas el molino. Puede hacerse pasar entre los rodillos todo el material que haya de pasar al molino; sólo sufrirán trituración los trozos de tamaño excesivo. Resultaría ventajoso separar previamente el material fino, evitando así un innecesario desgaste de la superficie de los rodillos. La relación de reducción de las máquinas de dos rodillos con superficies relativamente lisas es de aproximadamente 3 a 1; si las superficies son estriadas, la relación puede ser mayor.

Las trituradoras de rodillos dobles de pequeña velocidad se han empleado para la preparación del carbón para los hornos rotatorios, con objeto de producir una alimentación a propósito para los molinos de carbón. En la fig. 5 (pag. 817) se reproduce una máquina con tres pares de ejes de rodillos, provista de discos del tipo dentado. Estos discos son estrechos, y hay piezas distanciadoras entre cada dos discos adyacentes; tienen la forma de un disco de menor diámetro, con una superficie finamente dentada. Los dientes de la parte superior son más gruesos, y con un paso mayor que en los de la parte inferior. Se advertirá que los ejes independientes de cada uno de los dos primeros pares giran a velocidades diferentes; el par inferior gira a la misma velocidad. Como el carbón es un material poco corroedor, no hay inconveniente en que el material de tamaño inferior pase a través de los rodillos, junto con los

trozos que necesitan triturarse; pero probablemente un 15% del producto tiene un tamaño superior a aquel para el que se ha dispuesto el par inferior de rodillos. La potencia requerida por una máquina de esta clase es escasa, por ejemplo, de 1¼ a 1½ C.V. por tonelada; pero si el carbón fuese relativamente fino, y los rodillos inferiores los únidos requeridos, esta cifra resultaría evidentemente menor. En realidad, la potencia perdida por rozamiento a causa de la rotación de los rodillos sería ya mayor que la requerida para la trituración. Una cifra de 0,7 a 0,8 C.V. por tonelada triturada cubre de sobras la potencia necessaria.

Trituradoras de tipo de martillos.—Las trituradoras de tipo de martillos se hacen con un eje, ya sencillo, ya doble. Como ya se ha mencionado anteriormente, estas máquinas aceptan para su alimentación cualquier tamaño de piedra que admita la boca de la máquina, y descargan el producto a un tamaño fijado de antemano. Las dimensions del espacio comprendido entre las barras del emparrillado no influyen de manera importante en el tamaño del producto. Como el movimiento de los martillos es transversal a la longitud de la abertura de la parrilla, el material que la atraviesa es evidentemente menor que dicho espacio. La fig. 6 (pag. 818) reproduce una sección de una máquina de eje doble, y la diferencia entre el tamaño de la alimentación y la descarga es característica de esta máquina. El alimentador realiza una parte importante de la operación, ya que este tipo de trituradora no funcionaría satisfactoriamente sin un alimentador adecuado.

Trituradora de discos.—La trituradora de discos se hace de tipo horizontal o vertical. La fig. 7 (pag. 819) reproduce una sección de una máquina horizontal. Este tipo funciona un 100% de su tiempo de marcha. Su relación de reducción es relativamente pequeña: de 3½, y aún de 3, a 1. Reduce los tamaños excesivos al tamaño fijado previamente por el ajuste inicial de la máquina, sin reducir más aquellos pedazos que ya tienen dicho tamaño. La trituración se realiza por la presión ejercida por dos superficies lisas, de forma de platos, o cóncavas. Esta presión es producida por el movimiento de tipo pendular del extremo del eje, que, a su vez, es producido por la excentricidad del orificio de la polea. La superficie de trituración es grande en ambos tipos de máquinas, y se obtiene una duración de servicio considerable renovando las piezas desgastadas.

Al considerar las trituradoras, se ha hecho especial referencia a la piedra caliza y materiales análogos, pero las mismas observaciones son aplicables, enteramente, además, a los esquistos y materiales similares. Es costumbre, después de la trituración, elevar o transportar el material machacado a tolvas, silos o depósitos de almacenaje, para tenerlo dispuesto a ser transportado como alimentación de los molinos.

Los molinos pueden ser de tipo sencillo o doble. Durante muchos años, el tipo de doble molino ha sido el preferido, estando provisto el molino preliminar de tamices o piezas equivalentes, a fin de limitar las dimensiones de la descarga. La descarga de este molino se convierte en la alimentación del molino de acabado, que no tiene tamices. Se comprenderá que con el sistema de dos molinos, el residuo del producto del molino de acabado vendrá determinado por el residuo del producto del molino preliminar y por la capacidad molturadora del molino de acabado.

Durante los últimos años se ha realizado un progreso considerable con los molinos de una sola pieza y de grandes dimensiones. Se han construído y puesto en marcha molinos de un diámetro de 2,5 m. por 12 ó 13,5 m. de largo. Estas máquinas requieren una carga de 50 a 55 toneladas, y un motor de 700

a 800 C.V. para accionarlas. Cuando se ajustan correctamente, los molinos de este tamaño pueden reducir a pasta de 15 a 20 toneladas de caliza por hora. La cantidad exacta, sin embargo, dependerá del ajuste del molino, la dureza de la piedra y el residuo final a que se llegue. Los molinos se dividen en tres o cuatro compartimientos, cargados generalmente con bolas de distintos tamaños, como indica la fig. 8 (pag. 820), pero modificados en cuestiones de detalle para adaptarse a las condiciones de la vía húmeda. Aunque los molinos de una sola pieza reducen el coste y simplifican la disposición de las grandes instalaciones, parece difícil obtener con ellos igual producción (con el mismo residuo), para igual número de C.V. por tonelada, que la que se obtiene con los molinos de dos elementos separados.

La mayor parte de las fábricas hacen la molturación del crudo por la vía húmeda; esto es, que en el molino preliminar se introduce con el material una cantidad de agua suficiente para producir pasta del grado debido de humedad al salir del molino de acabado. Las primeras materias, a causa de su distinta viscosidad, requieren distintas dosis de agua. Una mezcla de greda blanda y arcilla, por ejemplo, necesita de 40 a 42%, si la dosis de humedad fuera muy inferior a dicha cifra, el líquido ofrecería dificultad para ser trasegado por medio de bombas, y ocasionaría una presión excesiva en la tubería. En el caso de pasta hecha con primeras materias duras, como la caliza, la proporción equivalente al 40 a 42% mencionado, será de un 34 a un 36%. En todos casos, el agua se introduce en el molino junto con el material.

Nunca se dará bastante importancia a la conveniencia de moler finamente las primeras materias para producir cemento de alta calidad. El residuo habitual en los tamices de 4900 ó 6200 mallas por cm^2 debería ser del orden del 2 al 3%, y del 4 al 5%, respectivamente.

Ya se ha dicho que la energía requerida para moler los materiales duros será mucho mayor que para los blandos. La energía requerida para moler la variedad blanda de greda y arcilla, hasta el residuo mencionado, será, por ejemplo, de 8 a 10 kw. por tonelada. La cifra correspondiente para primeras materias de la índole de la caliza, molidas hasta dar el mismo residuo, será de hasta 35 a 40 kw. por tonelada, según fueren la dureza y el residuo.

En las fábricas por vía seca, es corriente secar previamente las primeras materias, y molerlas secas en lugar de húmedas, como se ha descrito anteriormente. Cuando la molturación se realiza en seco, la energía requerida por tonelada parece ser bastante mayor.

ANUNCIOS.

Todos los encargos de anuncios en Cement and Cement Manufacture deben dirigirse a "Concrete Publications, Limited," 20, Dartmouth Street, London, S.W., Inglaterra.

Todo texto de anuncios debe ser entregado en estas oficinas a mas tardar el día último del mes precedente a la publicación. Si para dicha fecha no se ha recibido un nuevo texto, los editores se reservan el derecho de repetir el texto anterior.

Si los anuncios han de publicarse en mas de un idioma, el anunciante debe suministrar los textos traducidos. Si se desea, los editores se cui darán de dicho trabajo de traducción, pero solamente en la inteligencia de que no aceptan responsabilidad alguna acerca de su exactitud.

Nuevas normas españolas para los cementos.

por Ad. MARGARIT.

Ingeniero de la Compañía General de Asfaltos y Portland Asland.

Ha sido ya publicado (7 de marzo) el nuevo Pliego general de condiciones para la recepción de los aglomerantes hidráulicos en las obras de caracter oficial aprobado en 25 de febrero de 1930 y que desde esta fecha regirá para la recepción de los cementos en España.

El texto oficial contenido en la Real Orden es el siguiente:

Cemento Portland.

Art. 1. **Definición.** Se aplica la denominación de cemento Portland al producto reducido a polvo fino que se obtiene con la calcinación, hasta un principio de fusión, de mezclas muy íntimas, artificialmente hechas y convenientemente dosificadas, de materias calizas y arcillosas sin mas adición que la de yeso, que no podrá exceder del 3 por 100.

Art. 2. **Composición química.** El peso de la materia insoluble en ácido clorhidrico diluído sera inferior al 1.5 por 100. No se considerará como insoluble la sílice gelatinosa que pudiera producirse. El cociente de dividir el tanto por ciento en peso de la cal por la suma de los tantos por ciento en peso de sílice, alúmina, y óxido férrico ha de quedar comprendido entre 1.8 y 2.3. El cociente de dividir el tanto por ciento en peso de la sílice por el tanto por ciento en peso de la alúmina no ha de resultar inferior a 2.5. Las cantidades en peso de magnesia y anhidrido sufúrico no excederán del 5 por 100 y 2.5 por 100 respectivamente, ni la suma de ambas cantidades excederá del 6.5 por 100. El azufre total no excederá del 1.25 por 100. La cantidad de agua del cemento no excederá del 2 por 100 en peso, ni la pérdida de peso por calcinación será mayor del 4 por 100. La toma de muestras y su envío al Laboratorio oficial se verificará dentro de un plazo de quince días de la fecha de la entrega.

Art. 3. **Finura de molido.** Los resíduos máximos en peso del cernido del cemento serán los siguientes: Sobre el tamiz de 900 mallas por cm², 1 por 100. Sobre el tamiz de 4,900 mallas por cm², 16 por 100.

Art. 4. **Densidad real.** La densidad real del cemento desecado será igual o superior a 3.05.

Art. 5. **Fraguado.** El fraguado de la pasta normal de cemento no empezará antes de 45 minutos contados desde que se principió a amasar, y terminará antes de las 12 horas, a partir del mismo momento.

Art. 6. **Estabilidad de volumen.** La pasta normal de cemento tendrá un volumen constante, propiedad que se comprobará con el de galletas conservadas en el aire, en el agua dulce y sometidas a la acción del agua hirviendo.

Art. 7. **Resistencias.** Las resistencias mínimas de las probetas en forma de ocho, hechas con mortero compuesto de una parte en peso de cemento y tres de arena normal, serán las siguientes: A los 7 días, 1 en aire húmedo y 6 en agua dulce, 19 kg por cm². À los 28 días, 1 en aire húmedo y 27 en agua dulce, 23.5 kg por cm².

Resistencias por compresión. Las resistencias mínimas de las probetas de forma cúbica hechas con mortero compuesto de una parte de cemento y de tres de arena normal, en peso, serán las siguientes: A los 7 días, 1 en el aire húmedo y 6 en agua dulce, 190 kg por cm². A los 28 días, 1 en aire húmedo y 27 en agua dulce, 280 kg por cm².

Cementos de gran resistencia.

Cementos aluminosos. Se llama cemento aluminoso al obtenido por la cocción de una mezcla intima de la que son elementos esenciales la bauxita y el carbonato de cal, siempre que en el producto resultante la cantidad de alúmina no sea inferior al 40 por 100 y la de óxido de hierro no exceda del 12 por 100.

Art. 8. **Finura de molido.** Dejará un residuo de 0.5 por 100 en el tamiz de 900 mallas, y menos del 6 por 100 en el de 4,900 mallas.

Art. 9. **Peso especifico real.** Será superior a 3.05.

Art. 10. **Fraguado.** No empezará antes de los 30 minutos, ni terminará después de las 4 horas de amasado.

Art. 11. **Estabilidad de volumen.** Las galletas fabricadas con pasta pura con la dosificación de agua suficiente determinada por ensayos previos, no acusarán grietas superficiales después del fraguado.

Art. 12. **Resistencias.** Con probetas en forma de ocho fabricadas con pasta pura, la tracción media en series de seis probetas no será inferior a 28 kg. por cm^2 a las 24 horas y llegará a 60 kg. por cm^2 a los 3 dias.

En hormigones compuestos de gravilla comprendida entre 1 y dos 2 cm. y arena silícea de grano comprendido entre 1 y 1.5 mm., dosificando a razón de 840 litros de gravilla, 400 litros de arena, 300 kg. de cemento y 130 litros de agua, formando probetas cúbicas de 20 cm. de arista, comprimidas con 30 golpes de mazo, de 1.5 kg. de peso, cayendo de 20 cm. de altura, la resistencia a la compresión deberá exceder a las siguientes cifras: A las 24 horas, 220 kg. por cm^2; A los 28 días, 230 kg. por cm^2.

Supercementos.

Se llama supercemento al cemento de gran resistencia inicial que contiene los elementos esenciales del cemento portland, en proporciones que pueden variar de aquéllos, siempre que las substancias nocivas (azufre, magnesia y anhídrido sulfúrico), no excedan de los límites admitidos para el portland y que las adiciones, si las tuviere, no excedan del 6 por 100.

Art. 13. **Finura de molido.** Dejará un residuo máximo de 0.5 por 100 en el tamiz de 900 mallas, y un 6 por 100 en el de 4,900 mallas.

Art. 14. **Peso especifico real.** Será superior a 3.05.

Art. 15. **Fraguado.** No deberá empezar antes de los 30 minutos de amasado, ni terminará después de las 10 horas.

Art. 16. **Estabilidad de volumen.** La pasta normal de cemento tendrá volumen constante, propiedad que se comprobará por las galletas fabricadas al aire y sometidas a la acción del agua hirviendo.

Art. 17. **Resistencias.** La resistencia a la tracción sobre morteros 1 : 3 con arena silícea de 1 mm. a 1.5 mm., alcanzará las siguientes cifras: A las 3 días, 25 kg. por cm^2; a los 7 días, 30 kg. por cm^2; a los 28 días, 38 kg. por cm^2.

A la compresión las resistencias serán: A los 3 días, 250 kg. por cm^2; a los 7 días, 350 kg. por cm^2; a los 28 días, 450 kg. por cm^2.

En hormigones, sobre cubos de 20 cm. de arista, dosificados con 400 litros de arena silícea de 1 a 1.5 mm., 840 litros de gravilla redondeada de 1 a 2 cm., 130 litros de agua y 300 kg. de cemento, después de comprimir la masa por medio de una maza de 5 kg. cayendo de 20 cm. de altura sobre una chapa que tape la probeta, dando 20 golpes, la resistencia deberá alcanzar los siguientes valores: A los 2 días, 180 kg. por cm^2; a los 7 días, 230 kg. por cm^2.

Cementos de escorias.

El cemento de escorias es un producto hidráulico obtenido por la molienda de escoria granulada de alto horno y de un mínimo de un 15 por 100 en peso

de clinker de cemento Portland, siendo ambos productos molidos simultáneamente para conseguir una mezcla íntima. La relación entre los elementos componentes deberá cumplir la siguiente desigualdad:

$$\frac{CaO + MgO}{SiO_2 + \frac{1}{3} Al_2O_3} > 1.$$

Las adiciones para regular el fraguado no excederán del 3 por 100 del peso.

Art. 18. **Finura de molido.** Deberá dejar un residuo inferior al 1 por 100 en el tamiz de 900 mallas y menos de 12 por 100 en el de 4,900 mallas.

Art. 19. **Peso específico real.** Será mayor de 3.05.

Art. 20. **Fraguado.** No debe comenzar antes de una hora ni terminar después de las 12 horas, a partir del momento de amasado.

Art. 21. **Estabilidad de volumen.** Lo mismo que el portland, o sea: con la pasta normal, se forman sobre placas de cristal perfectamente limpias tres galletas de unos 10 cm. de diámetro con 15 mm. de espesor en el centro y nulo en los bordes. Una de las galletas se conserva en aire húmedo; otra, a las 24 horas, se sumerge en agua dulce, y la tercera se somete a la acción del agua caliente, cuya temperatura se eleva hasta 100° C. durante media hora y se mantiene después en este calor durante 2 horas y media. Las dos primeras galletas se observan a los siete y a los 28 días, anotándose todas las deformaciones que presenten. Cuando el resultado del ensayo en agua caliente es satisfactorio, se dará por bueno el cemento; en el caso de que el resultado fuese nulo, todavía no se desechará el cemento, esperando el que dé la prueba en frío, que será la definitiva. Durante la fabricación de las galletas y durante su conservación, las temperaturas del aire y del agua estarán comprendidas entre 15° y 18° C., el ambiente será húmedo y no habrá corrientes de aire.

Art. 22. **Resistencias.** En mortero 1 por 3, la resistencia a la tracción será superior a 17 kg. por cm^2 a los 7 días y 20 kg. por cm^2 a los 28 días. A la compresión, el mortero 1 por 3 deberá dar 170 kg. por cm^2 a los 7 días y 210 kg. por cm^2 a los 28 días.

Cementos puzolánicos.

Art 23. **Definición.** Se llama cemento puzolánico al que se forma al añadir al portland una puzolana. El portland ha de tener las cualidades que para él se determinan en este pliego. La puzolana tendrá las que se señalan a continuación.

Art. 24. **Puzolana.** Se considera como puzolana para los efectos de este pliego a todo producto, natural o artificial, que mezclado con la cal grasa forma compuestos hidráulicos.

Art. 25. **Molido.** El cemento puzolánico tendrá el mismo grado de finura que el portland.

Art. 26. **Estabilidad de volumen.** La estabilidad de volumen se ajustará a las prescripciones fijadas en este pliego para el portland.

Art. 27. **Resistencias.** No bajarán de las del portland rebajadas en un 20 por 100.

Art. 28. **Inalterabilidad.** Se medirá la cantidad de cal libre que existe en el cemento, la cual deberá disminuir progresivamente de tal modo, que al cabo de un mes quede menos de un 30 por 100.

Cementos Zumaya.

Art. 29. **Definición.** Se llama cemento de Zumaya o simplemente Zumaya, al cemento natural de fraguado rápido obtenido por la calcinación de margas, sin adición de materiales en crudo ni en frío, y que son análogos a los fabricados en la región cementera de Zumaya.

Este cemento, que tomamos como tipo, se describe asi: Se obtiene por la calcinación de margas, cuya composición es la siguiente:

Sílice	17.5 a 23 %
Oxido férrico	1.5 a 3 %
Alúmina	6.5 a 11 %
Cal	33.5 a 37 %
Magnesia	0 a 1.5 %

Estas margas se calcinan con lignitos incorporados al material de origen en una proporción de 300 a 350 kg. por t de cemento producido, siendo la composición del combustible la siguiente:

ANÁLISIS INMEDIATO.

Humedad	2.3 a 5.5 %
Volátiles	6 a 13 %
Cenizas	66 a 71 %
Carbono fijo	15 a 21 %
Potencia calorífica	1400 a 1650 calorías

ANÁLISIS ELEMENTAL.

Carbón fijo	15 a 21 %
Hidrógeno	1 a 1.5 %
Nitrógeno	0 a 1 %
Azufre	0 a 3.8 %
Oxígeno	4.5 a 6 %

El lignito utilizado como combustible incorpora al cemento sus cenizas puzolánicas de la siguiente composición:

Sílice	45 a 58 %
Alúmina	20 a 30 %
Oxido férrico	0 a 13 %
Cal	5 a 8 %
Magnesia	0 a 1.75%
Otros álcalis	0 a 2 %
Anhídrido sulfúrico	5%

Art. 30. **Análisis químico.** El cemento de Zumaya no contendrá más del 3.5% de anhídrido sulfúrico, ni una cantidad de magnesia superior a 1.5%, y la pérdida al fuego no excederá de 10%.

Art. 31. **Fraguado y variación de volumen.** El fraguado del Zumaya empezará de 3 a 15 minutos y terminará de 5 a 25 minutos. Este cemento se someterá a las mismas pruebas en frío que el portland, para medir la variación de volumen, y no ha de acusar variación en un plazo de 7 dias.

Art. 32. **Molido.** En el cedazo de 324 mallas dejará un residuo menor del 4 por 100. En el de 900 mallas, el residuo será menor del 17 por 100. En el de 4,900 mallas, el residuo no excederá del 34 por 100.

Art. 33. **Resistencia.** Las probetas, tanto para la tracción como para la compresión, serán de las dimensiones corrientes utilizadas en el Portland, pero tan sólo con pasta normal, fabricada con 50 por 100 de agua. Las probetas estarán el primer día en el aire y después se sumergirán en agua dulce, sujetándose a las mismas condiciones de temperatura, presión y humedad que para el Portland. Sólo se harán pruebas a los 7 y a los 28 días.

Resistencias mínimas a la tracción en el aire (Pasta pura). A las 7 días, 8 kg.; a los 28 días, 10 kg.

Resistencias mínimas a la tracción en el agua (Pasta pura). A los 7 días, 6 kg.; a los 28 días, 10 kg.

Resistencias mínimas a la compresión en el aire (Pasta pura). A los 7 días, 35 kg.; a los 28 días, 40 kg.

Resistencias mínimas a la compresión en el agua (Pasta pura). A los 7 días, 30 kg.; a los 28 días, 35 kg.

Siguen a estas normas, las reglas para la extracción de muestras y modo de efectuar los análisis e interpretar sus resultados, así como las normas bajo las cuales deben realizarse los ensayos.

Pasando ahora a comparar rápidamente el nuevo Pliego con el vigente hasta ahora (de 27 de mayo de 1919), apreciaremos las siguientes innovaciones o modificaciones:

(1) En la definición: Se precisa que será el yeso la única materia adicionable al cemento.

(2) En la composición química: Al establecer le relación entre la cal y los factores hidráulicos, se hace entrar en la suma de éstos el óxido de hierro que antes no se tenía en cuenta.

La cantidad máxima permitida de magnesia se eleva del 3 al 5 por 100. La limitación, que la presencia simultánea del anhídrido sulfúrico impone se eleva también, pues el límite de la dosis común máxima permitida pasa del 5 por 100 al 6.5 por 100.

La dosis de azufre total tolerada se eleva del 1 al 1.25 por 100.

(3) En la finura de molido: Se reducen los resíduos permitidos. Al tamiz de 900 mallas, del 3 por 100 al 1 por 100; al tamiz de 4,900 mallas, del 25 por 100 al 16 por 100.

(4) En el fraguado: Se fija como límite mínimo para el principio del fraguado, el de 45 minutos en lugar del de 30 del Pliego anterior; para el fin del fraguado se establece el límite máximo de 12 horas en lugar del periodo entre 4 y 14 que antes se permitía.

(5) En las resistencias: Se eleva de 16 kg./cm² a 19 kg./cm² la resistencia a la tracción en probetas de mortero 1 : 3 conservadas en agua 7 días y de 20 kg./cm² a 23.5 kg./cm² la misma resistencia a los 28 días.

Se eleva de 140 kg./cm² a 190 kg./cm² la resistencia a la compresión de las probetas de mortero 1 : 3 conservadas en agua 7 días, y de 180 kg./cm² a 280 kg./cm² la de las mismas probetas a los 28 días.

Se consigna luego el nuevo Pliego para los cementos de gran resistencia, divididos en dos clases: Cementos aluminosos y supercementos. Estos últimos corresponden a los modernos cementos Portland de alto valor o de elevadas resistencias iniciales, los que, hasta ahora no habían sido reglamentados en España.

También se reglamentan los cementos de escorias, los cementos puzolánicos y los cementos Zumaya que son un tipo especial de cemento natural rápido, que se aplica en las obras marítimas.

Transformación de las medidas en las traducciones.

En todos los artículos traducidos, las unidades de peso, medida, etc., son transformadas en las respectivas unidades inglesas o métricas, tan sólo aproximadamente.

Revista bibliográfica.

" Some Writers on Lime and Cement from Cato to the Present Time."
Por Charles Spackman. (Cambridge: Heffer. Precio, 15s.)

El autor de este libro posee una biblioteca única en materia de cemento, y comparte su tesoro con sus lectores, dando un breve resumen del contenido de cada volumen y folleto, insistiendo especialmente en todos los puntos interesantes y detallándolos, y más particularmente aquéllos que constituyen las piedras miliarias de la historia del cemento y de su progenitora la cal. El resultado es una recopilación de gran interés para el fabricante de cemento y de valor incalculable para quien tenga que estudiar cuestiones de cementos, puesto que puede disponer allí de una amplia bibliografía que, con algún criterio, puede emplear para escoger las publicaciones adecuadas a su objeto. El fabricante puede emplear este libro para saber si le ha pasado por alto alguna colaboración sobre cementos en un idioma distinto del suyo, y también descubrirá lo penosamente lento de la realización del progreso en algunos sentidos.

Vitruvio, por ejemplo, que vivió a principios de la era Cristiana, escribió acerca del valor de los materiales puzolánicos naturales y artificiales (ladrillos o rejas machacados) adicionados a la cal, y muy bien podemos preguntarnos si hemos progresado mucho desde hace 1900 años en la aplicación científica de este descubrimiento. Sorprende averiguar que para la construcción de faros en 1808 se daba tanta importancia a la puzolana que se pagaba por ella hasta £15 por tonelada. La producción deliberada de puzolana quemando esquistos (separándose del uso de ladrillos o tejas machacados) data de 1778.

Un folleto publicado en 1774 se titula " Ensayo práctico . . . . sobre piedra artificial . . . . para la fabricación de . . . . elementos decorativos arquitectónicos." Probablemente pocos de los fabricantes de productos de hormigón se figuran que su industria se remonte a época tan antigua. La dosificación del hormigón, basada sobre le medición de la proporción de huecos, fué propuesta por George Semple, arquitecto de Dublin, en un libro publicado en 1776.

Hay una nota interesante relacionada con la idea errónea, que data de los tiempos más remotos, de que una buena cal solamente puede obtenerse de una caliza *dura*. Smeaton, de fama en Eddystone, descubrió que las cales más enérgicas eran las que se obtenían de la marga gris (baja en cal) pero fué preciso designar tal clase de cal con el nombre de " piedra gris " a fin de poder introducirla en el mercado. Esta designación subsiste aún hoy día.

El nombre de de Morveau, químico francés nacido en 1837, aparece como anterior al de Vicat en la invención de la cal hidráulica artificial, o cemento, mediante la cocción de una mezcla finamente molida de carbonato cálcico, arcilla y óxido de manganeso. De Morveau incurrió en el error de attribuir la resistencia del producto al manganeso.

Un tal Daudin, en época muy antigua (1808), expone ya el germen de la idea de la hormigonera, describiendo una amasadera vertical para el amasado del mortero; el coste de la máquina se valora en unos 700 a 800 francos, lo que según ahí se dice, no solamente quedaría amortizado en cuatro meses de empleo, sino que produciría además un hormigón mejor.

Un detalle interesante se encuentra en un libro escrito por Fleuret en 1807, quien dice que el vapor de la cal que se está apagando estimula el apetito y debiera, por lo tanto, ser retenido en la cal, al objeto de curar el " endurecimiento !"

Resulta interesante descubrir que la recomendación, tan frecuentemente necesaria hoy día, de evitar el uso de un exceso de agua y de mojar las piedras y ladrillos antes de aplicarles el mortero, estaba ya escrita en letras de molde hace un siglo.

Podríamos continuar citando extensamente detalles de interés técnico y humano, de los que profusamente contiene este libro. Puede seguirse en él la génesis y desarrollo de muchas de las ideas que se consideran modernas; bien claro se ve que nada nuevo hay debajo del sol, y los puentes, casas y tuberías de hormigón no son fruto del siglo veinte, como pudiera creerse. Es un libro que puede muy bien leerse de un tirón y volver a cogerse luego con interés.

La bibliografía sobre investigación británica acerca del cemento es bastante reducida, y por lo tanto resulta más necesario todavía llamar la atención sobre un error, que atribuye un folleto sobre el fraguado del cemento a la Portland Cement Association, en lugar de hacerlo a la British Portland Cement Research Association.—S. G. S. P.

Henry Le Chatelier.

Señores.—Como continuación de mi carta del 15 de marzo, y no habiendo observado que Cement and Cement Manufacture haya publicado nada más después de su número de Diciembre acerca de la reseña incompleta de los trabajos de M. Henry Le Chatelier, me tomo la libertad de enviarles el breve resumen adjunto, que podrá dar a sus lectores una idea más exacta de la vida y de la obra del ilustre hombre de ciencia.

Henry Le Chatelier salió de la Escuela Politécnica en 1869, y en 1877 fué nombrado Profesor de Química de la Escuela de Minas de París; en 1881 publicó su tesis de doctorado sobre la "Constitución de los morteros hidráulicos," que causó gran sensación. Proseguía, al mismo tiempo, en colaboración con Mallard, numerosas investigaciones acerca de la inflamación de las mezclas gaseosas y del calor específico de los gases a temperaturas elevadas. Algo más tarde, en 1888, dió a conocer sus "Investigaciones sobre los equilibrios químicos" que es otra obra capital de Físico-química.

En 1898 pasó al Colegio de Francia, y ante un auditorio ya más amplio, abordó el estudio científico de diversos problemas industriales (en particular, las aleaciones metálicas y la medición de las temperaturas elevadas), a los que consagraba numerosos e importantes trabajos de investigación. En 1907 fué nombrado Profesor de la Sorbona, a la muerte de Moissan. El primer año de su curso ha sido publicado bajo el título de "Lecciones sobre el carbono." En 1908 fué elegido miembro de la Academia de Ciencias.

Las investigaciones de H. Le Chatelier abarcan un campo muy extenso. Puede dividirse como sigue, según sus aspectos más importantes:

Investigaciones teóricas sobre los principios fundamentales de la Energética. El estudio de los principios de la Termodinámica y de su aplicación a la Química ha sido una de las constantes preocupaciones de H. Le Chatelier, y le ha permitido enunciar especialmente la importante "ley del desplazamiento del equilibrio" que lleva su nombre.

En 1899 tradujo al francés, comentándola y desarrollándola, la obra de Williard Gibbs sobre la ley de fases, que en aquella época podría todavía considerarse como desconocida; más tarde ha llegado a ser la guía indispensable para el estudio de los equilibrios químicos. En estudio de las leyes de la radiación le permitió, por otra parte, realizar la construcción de un pirómetro óptico, cuyo principio es todavía aplicado en los aparatos más recientes.

Investigaciones sobre las aleaciones metálicas, fusibilidad, conductibilidad eléctrica dilatación, micrografía, etc. No contento con estudiar por sí mismo esta cuestión, ha formado una falange de numerosos discípulos, muchos de los cuales son ya maestros en la actualidad. Ha creado una revista, especialmente consagrada a su estudio y aplicación: la Revista de Metalurgia. Su dispositivo de microscopio metalográfico se emplea universalmente, lo mismo que el galvanómetro doble Saladin-Le Chatelier, que tan cómodo empleo tiene en la determinación de los puntos críticos.

Investigaciones sobre la medición de las temperaturas elevadas, que han conducido a la creación del pirómetro óptico antes citado y del par termoeléctrico platino, platino-rodio, de empleo absolutamente general. H. Le Chatelier se ha preocupado siempre de la aplicación prática de sus descubrimientos, profesando la teoría, demostrada con su ejemplo, de que la ciencia, aún la más desinteresada, no debe ser estéril, sino al contrario, procurar la mejora constante de nuestros medios de acción. En este orden de ideas, a los estudios y aplicaciones ya citados hay que añadir sus investigaciones sobre la inflamabilidad de las mezclas gaseosas y los calores específicos de los gases a temperatura elevada, sobre el grisú y los explosivos, sobre la calefacción industrial, y, finalmente, sobre los silicatos y sus aplicaciones: cerámicas, de vidriería y de aglomerantes hidráulicos.

Este último punto de vista, que interesa principalmente a los lectores de Cement and Cement Manufacture fué el tema de su primer trabajo, su tesis de 1881, que representa incontestablemente la memoria más importante que se ha publicado sobre aquel tema; sus conclusiones han ido resultanto cada vez más firmemente comprobadas por los trabajos más recientes. Desde esta época hasta el momento actual, H. Le Chatelier no ha cesado de interesarse por los asuntos del cemento, ni de publicar numerosos estudios sobre la teoría del fraguado y del endurecimiento, sobre el apagado de las cales y cementos, su entumecimiento, su descomposición por el agua de mar y las aguas sulfatadas, sobre las propiedades de los cementos aluminosos, etc.

Mencionemos, finalmente, que este sabio se ha convertido en Francia en el apóstol de las doctrinas de Taylor sobre la organización racional del trabajo.

E. RENGADE, Dr. en Ciencias,
Director del Laboratorio Central de la
S.A. des Chaux et Ciments de Lafarge et du Teil.

Tarifas de subscripción.

La tarifa de subscripción anual (incluyendo gastos de correo a cualquier punto del mundo) es de 24 chelines. Las subscripciones anuales deben enviarse a "Cement and Cement Manufacture," 20, Dartmouth Street, London, S.W.1, Inglaterra, y a su recibo se enviará regularmente un ejemplar cada mes por toda la duración de la subscripción.

La asamblea de la Asociación de Fabricantes Alemanes de Cemento Portland.

La Asociación de Fabricantes Alemanes de Cemento Portland celebró en los días 20 a 22 de marzo su Asamblea General de este año, dedicándose el primer día a los asuntos interiores de la Asociación, mientras que los otros dos se emplearon en conferencias científicas y técnicas del carácter acostumbrado, y de interés general, que permitieron demostrar, una vez más, la manera, seria y fructífera para la química de los cementos, cómo la Asociación desarrolla sus valiosos trabajos.

Dr. G. Haegermann: acerca de la vitrificación de la masa cruda del cemento Portland.—Se consideró oportuno completar los trabajos de la Comisión de Hornos y elaborar un método que permita dictaminar acerca de la capacidad de vitrificación de las diferentes primeras materias. La comparación immediata con la fusibilidad de los conos Seger no puede dar resultado alguno, porque el cemento no se funde hasta temperaturas muy elevadas, y en este caso convendría una escala de temperaturas que llegara hasta los 1,500° C. Los ensayos de calentamiento señalan inflexiones muy marcadas en las curvas, a consecuencia de la expulsión del agua mecánicamente retenida, y de la de hidratación, así como de la eliminación del anhídrido carbónico y del comienzo de la reacción exotérmica. Cuando se para el horno, se produce un nuevo punto singular en la curva, porque entonces hay un punto fijo de solidificación correspondiente a la vitrificación, o sea la completa fusión de una parte de la masa. El punto característico de vitrificación resulta caer, según dichos ensayos, entre los 1,275 y los 1,295° C.

Otro dato característico para conocer si un cemento está o no bien cocido debería ser el de observar la contracción; sin embargo, un aparato de ensayo construído ex-profeso no ha dado resultados utilizables. La determinación de la densidad tampoco sirvió como criterio irrecusable.

En ulteriores ensayos, la masa cruda fué calentada de 20 en 20 minutos a cada una de las siguientes temperaturas: 1,325, 1,375, 1,425 y 1,475° C. Las probetas después del calentamiento fueron ensayadas según el método de Emley para la comprobación de la cal libre, por admitirse que en los productos suficientemente cocidos no existe cal libre. Resultó, no obstante, que ni este ensayo, ni el de la prueba a la ebullición, proporcionan un criterio seguro para poder dictaminar acerca de la calidad de un producto cocido. Es evidente y claro que en este particular la finura de molido del crudo y su composición química desempeñan un papel decisivo.

Para apreciar la importancia de la finura de molido, se tomó un crudo y se separó en dos porciones, mediante un tamiz de 10.000 mallas. Después de la cocción se vió que le porción procedente del polvo fino que había atravesado el tamiz tenía 0% de cal libre, mientras que la parte menos fina, retenida por aquel tamiz, dió un producto que contenía un 3.16% de cal libre. Asimismo, el crudo requiere ser cocido durante tanto más tiempo cuanto menos finamente

molido se halla. Hay lugar a pensar, finalmente, que la magnesia contenida en el crudo influye de modo esencial en la dosis resultante de cal libre.

El Dr. Haegermann prosigue actualmente sus ensayos.

Profesor Dr. Eitel: acerca de los hidratos del aluminato tricálcico.—El Profesor Eitel expuso un resumen de los trabajos del profesor Dr. T. Thorwaldson, de la Universidad de Saskatchewan (Canadá), trabajos que hasta la fecha eran apenas conocidos en Alemania. Dicho profesor canadiense ha encontrado relaciones entre la alterabilidad de los cementos por la acción de los sulfatos y la hidratación del aluminato tricálcico. Hay una serie de hidratos del $3\ CaO.Al_2O_3$ que se caracterizan por su resistencia a la acción de las soluciones sulfatadas; entre ellos figura muy particularmente el hexa-hidrato, que cristaliza en el sistema regular. Los ensayos de Thorwaldson relativos a la inalterabilidad del hexa-hidrato a elevadas temperaturas confirman la hipótesis sobre la conducta de los hidratos de $3\ CaO.Al_2O_3$ en el fraguado del cemento en las aguas sulfatadas. Thorwaldson consiguió un elevado grado de inalterabilidad mediante el tratamiento por el vapor de agua expansionado, porque éste da lugar a que se forme una cantidad suficiente del hexa-hidrato inalterable, y debido también a que la reacción del hidrato cálcico separado por disociación se acelera por la adición de materias inertes adecuadas, de manera que se hace imposible ninguna reacción directa del $Ca(OH)_2$ con los sulfatos.

Prof. Dr. W. A. Roth: métodos para la investigación de la termoquímica del cemento.—La presencia de las reacciones químicas se caracteriza por el desprendimiento o absorción de calor; recíprocamente, de la medición de este último se pueden deducir aquellas reacciones. La termo-química del cemento Portland ha sido un campo de estudio todavía muy poco explorado, a causa de la casi imposibilidad de llevar a cabo mediciones directas. El método calorimétrico de Roth puede encontrar especial aplicación al caso de los minerales de hierro, los carbonatos y los silicatos. En el caso del cemento Portland existe una dificultad, porque las reacciones de la formación del cemento se verifican con relativa lentitud. Para el buen resultado de los ensayos es de vital importancia la elección de un combustible apropiado (en el caso presente, el crudo se mezclaba con parafina). Si la mezcla se quema dentro de la bomba calorimétrica con oxígeno comprimido, se puede luego determinar la cantidad de los productos de la combustión.

Si no es por este procedimiento, sólo se puede operar de manera indirecta, disolviendo en el mismo ácido las primeras materias y los productos resultantes, valorando los calores de unos y otros, y hallando el calor de la reacción por diferencia. Debido a la dificultad de disolver la arcilla en los ácidos, se escogió una mezcla de ácidos clorhídrico y fluorhídrico. Para evitar que esta mezcla atacara al recipiente, éste se hizo de oro y se cerró con caucho. La reacción exigió una finísima molturación, agitación de la mezcla, y calentar a 50-100° C. Los ensayos deben ser efectuados ahora con cemento, ya que existe actualmente el aparato conveniente a fin de poder ser útilmente aplicables, y no sólo por lo que se refiere al calor de formación, sino también al de fraguado.

Prof. Dr. H. Kühl: influencia de la estructura granulométrica fina sobre las propiedades de resistencia de los cementos Portland.—Kühl da por sentado que el cemento posee su composición más favorable cuando su estructura granulométrica corresponde a la establecida en las curvas de Fuller y de Graf, si bien éstas corresponden, desde luego, a tamaños de grano incomparablemente mayores, por referirse a la arena y a la gravilla. Para sus ensayos escogió dos elementos, uno de los cuales había sido obtenido en la fábrica

mediante un separador de aire, y el otro, en cambio, había sido molido en un molino de laboratorio. El aparato clasificador construído por Gonell fué utilizado para separar esos cementos en siete fracciones, cada una de las cuales difería de la precedente y de la siguiente en 10μ en el tamaño de sus granos.

Para economizar fatiga y tiempo, ya que la separación entre límites tan finos implica un trabajo extraordinario, los ensayos de resistencias se limitaron al empleo de los métodos de Kühl para los ensayos en pequeña escala. De sus resultados se dedujeron los llamados índices del valor, multiplicando por 10 la resistencia a la tracción y multiplicando por 2 la resistencia a la compresión. Si se establece la relación entre los valores obtenidos y la superficie interior de los gránulos (calculada por un procedimiento teórico aproximado) resulta que tales índices de calor crecen con la superficie interior, aunque tal crecimiento no sigue, desde luego, la misma proporción. Si la granulación desciende de las 20μ, la resistencia expresada por el índice de valor aumenta ya muy lentamente. Todo ésto, para el caso de una granulación homogénea.

En el caso de mezclas efectuadas con los gránulos de tamaño más grueso y con los de tamaño más fino, se obtiene el mismo índice numérico que con el cemento original, sin clasificar, a pesar de la gran diferencia en sus superficies interiores. Un cemento muy fino, pero de grano mezclado, puede ser adicionado con un 30% de cemento de grano grueso sin que se produzca disminución alguna en sus resistencias.

De todo lo cual resultan dos posibilidades de preparar cemento de alta resistencia:

(1) Con grano medio homogéneo, no excesivamente fino;
(2) Con grano fino, adicionado de parte de grano grueso.

Prof. Dr. F. Krauss: las opiniones acerca de las combinaciones de orden superior y su importancia para la estructura de las substancias existentes en el cemento Portland.—Pasando revista a lo escrito sobre química del cemento Portland, y especialmente acerca de su constitución, se observa, según Krauss, que han sido pasadas por alto con frecuencia leyes químicas fundamentales. La aplicación invariable de las reglas de las valencias al redactar las fórmulas de estructura, ha conducido con frecuencia a incongruencias y aún a imposibilidades, pues existen numerosos compuestos cuya estructura no puede explicarse en manera alguna por la sola teoría de las valencias atómicas. Krauss menciona los trabajos de A. Werner, que introduciendo el concepto de las valencias secundarias, permitieron formular satisfactoriamente combinaciones muy complejas. Krauss trató luego de la estructura de los silicatos en general y de los silicatos cálcicos en particular, teniendo presentes las teorías de Werner, que han sido confirmadas por las interpretaciones de Pfeiffer y por las investigaciones röntgenográficas.

Prof. Burchartz: colaboración a la apreciación de la importancia práctica de la conservación KI*.—Desde que Gensbaur en 1927 interpretó por vez primera el descenso de resistencia que se observa al conservar de nuevo en agua probetas que habían sido curadas a base de la llamada conservación combinada, como indicio de ser los cementos en cuestión sospechosos de expansión, han discutido este tema innumerables técnicos, exponiendo, en su mayor parte, contrapuestas opiniones. Burchartz expuso ahora unos minuciosos ensayos, en los que utilizó cinco cementos diferentes, entre los que figuraban un cemento Portland férrico y un cemento de altos hornos. Tales ensayos fueron llevados

* 1 dia en aire húmedo, 6 días en agua, 21 días al aire y 28 días en agua.

a cabo para ver de poner en claro la tan discutida cuestión, y comprendieron las pruebas siguientes:

(1) Ensayos según las normas (Normas alemanas de 1927);
(2) Determinación de las resistencias a tracción y compresión sobre probetas normales:
  (*a*) a 7 y 28 días y a 2 meses de conservación en agua;
  (*b*) a 28 días y 2 meses de conservación combinada;
  (*c*) a 28 días de conservación combinada, más dos días de conservación en agua;
  (*d*) a 28 días de conservación combinada, más un mes de conservación en agua;
(3) Determinación de la resistencia a la compresión de mezclas de hormigón 1 : 4 y 1 : 6;
  (*a*) a 28 días de conservación combinada;
  (*b*) a 28 días de conservación combinada, más dos días de conservación en agua;
  (*c*) a 28 días de conservación combinada, más un mes de conservación en agua.
(4) Determinación de los pesos de todas las probetas de ensayo correspondientes a los tipos de conservación de los párrafos (2) y (3), con objeto de averiguar le pérdida de agua en los casos de conservación combinada y de absorción de agua en el subsiguiente período de conservación en agua.

De la determinación de los pesos resultó que las probetas de ensayo absorben relativamente poca agua durante la conservación en agua. Las resistencias a la tracción, y en menor escala, las resistencias a la compresión de los morteros normales, presentan ciertos retrocesos al ser éstos introducidos nuevamente en agua, observándose que los plazos cortos tienen mayor influencia que los largos. Lo mismo sucede con las resistencias a la compresión de los hormigones, si bien en escala muchísimo menor. Si se prolonga el período de nueva conservación en agua, no se observa ya ningún otro descenso de resistencia. Por otra parte, no existen relaciones regulares entre esas variaciones de resistencia y la dosis de cal contenida en los cementos.

En resumen puede, pues, decirse que el modo de conducirse los cementos en el caso de conservación Kl no proporciona consecuencia práctica alguna aplicable a la construcción, por lo que el ensayo según el método de conservación Kl carece en absoluto de importancia práctica.

Prof. Dr. R. Nacken: determinación del calor de formación de los silicatos, partiendo de los óxidos que los componen.—Nacken, lo mismo que Roth, trató de problemas termoquímicos del cemento. En primer lugar, disertó sobre las dificultades que tales investigaciones ofrecen, y luego sobre los dos métodos de estudio ya mencionados por Roth, para llegar, finalmente, al resultado experimental de sus propios ensayos. Como medio disolvente empleaba una mezcla de ácido fluorhídrico con clorhídrico o con nítrico. Las investigaciones, naturalmente, sólo pudieron llevarse a cabo a base de conocer el calor específico de las mezclas de ácidos, determinándolo rápidamente en cada caso. El principio en que se basa este método es el de que cantidades previamente pesadas de una mezcla sub-enfriada ceden al cristalizar cantidades de calor perfectamente definidas. Mediante la elevación de temperatura que al cristalizar experimenta una pequeña cantidad de substancia fundida sub-enfriada y encerrada en un tubito, que se mantiene en el líquido a estudiar, puede ser determinado su calor específico.

Como los silicatos se disuelven con relativa lentitud, los ensayos tienen que ser llevados a cabo con un termostato de gran precisión, dentro del cual se coloca el calorímetro. El resultado de los ensayos de Nacken se halla resumido en las tablas siguientes:

	Calores específicos de los ácidos.	Agua.	Cantidad empleada en g.	Aumento de la tempera-tura.	Calor de disolucíon por gramo en cal.	Calor de disolucíon por mol en K-cal.
1. $\alpha CaO.SiO_2$	0,7355	150,19	0,5	0,583	437,803	50,768
2. $\beta CaO.SiO_2$	0,7355	150,19	0,5	0,561	421,037	48,996
3. $CaO + SiO_2$	0,7355	150,19	0 5	0,902	677,613	78,873
4. $\gamma 2CaO + SiO_2$ (cristalizado)	0,7355	150,19	0,5	0,715	537,304	92,671
5. $2CaO + SiO_2$	0,7355	150,19	0,5	0,994	746,70	128,78
6. Calor de formación del $Ca(OH)_2$, partiendo de $CaO + H_2O$:						
(a) $CaO + H_2O$ en HCl	0,7934	170,00	0,2802	1,462	908,00	50,912
			− 1,0411			
(b) $Ca(OH)_2$ en HCl	0,7934	170,00	1,3213	3,209	412,88	30,59

$$CaO + 2HCL = CaCl_2 + 50{,}912 \text{ K-cal.}$$
$$CaO\,(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O + 30{,}59 \text{ K-cal.}$$

$$CaO + H_2O = Ca(CH)_3 + 20{,}322 \text{ K-cal.}$$

7. Calor de formación de los silicatos, partiendo de los óxidos:

(a) Metasilicato óxido = ortosilicato:

$2\,CaO\,.\,SiO_3$	8,004	por mol en K-cal
$2\,SrO\,.\,SiO_3$	8,296	,, ,,
$2\,BaO\,.\,SiO_2$	4 98	,, ,,
Pb_2SiO_4	1,456	,, ,,

(b) Ortosilicatos:

	Calor de formación por gramo en cal.	Calor de formación por mol en K-cal.	Calor de cristaliza-ción por gramo en cal.	Calor de cristaliza-ción por mol en K-cal.	Calor de transformación por mol en K-cal.
$2\,CaO\,.\,SiO_2$ ..	209,396	36,109	——	——	——
$2\,SrO\,.\,SiO_2$ ..	123,18	32,956	——	——	——
$2\,BaO\,.\,SiO_2$ ..	67,88	25,19	——	——	——
Pb_2SiO_4	10,804	5,410	7,222	3,659	——

(c) Metasilicatos:

$\beta CaSiO_3$	256,594	29,877	——	——	− 1,722
$\alpha CaSiO_3$	239,830	28,150	——	——	
$SrSiO_3$	150,43	24,660	——	——	——
$BaSiO_3$	94,58	20,209	——	——	——
$PbSiO_3$	13,985	3,954	6,838	1,929	——

Dr. L. Forsén: acción química del yeso y de otros retardadores del fraguado sobre el clinker de cemento Portland.—Las investigaciones del conferenciante, que ensayó la acción de tales agregados sobre clinker pulverizado puro, y que comprobó ser de carácter puramente químico la acción de los retardadores, se exponen en el siguiente resumen de resultados:

(*a*) El fraguado rápido del clinker puro se basa en la hidrolización del aluminato tricálcico inestable, de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$3\,CaO\,.\,Al_2O_3 + 5\,H_2O = 2\,Al(OH)_3 + 3\,Ca(OH)_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

(*b*) El fraguado lento debido a los retardadores, que dan lugar a cristales esferolíticos de composición compleja, se caracteriza por la siguiente reacción:

$$3\,CaO\,.\,Al_2O_3 + CaX_2 + 10\,H_2O = 2\left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\\(H_2O)_2\end{pmatrix}Ca\right]_2\begin{matrix}(OH)_2\\X\end{matrix} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

X significa aquí el radical ácido (SO_4, NO_3, etc.). Debido a la formación de compuestos complejos, el aluminato tricálcico no puede disociarse por hidrólisis. El retardo de la velocidad de reacción es debido a la menor solubilidad del aluminato tricálcico en las soluciones cálcicas. Por adición de mayores cantidades de este retardador se produce la transformación o reversión en cementos de fraguado rápido, puesto que se forman cantidades mayores de cristales esferolíticos, proceso de orden puramente físico. A este fenómeno se debe precisamente el llamado falso fraguado rápido, sobr el cual se ha tratado ya repetidamente en CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE.

(*c*) A base de una concentración aún mayor de esta clase, en los retardadores se produce una expansión semejante a la expansión del yeso, debida a la transformación de los tetrolcompuestos en hexolcompuestos.

$$2\left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\\(H_2O)_2\end{pmatrix}Ca\right]_2(OH)_2 + 3CaX_2 = 2\left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\end{pmatrix}Ca\right]_3X_2 + 4H_2O + Ca(OH)_2 \quad \ldots \quad (3)$$

(*d*) La expansión por la cal se debe a la formación de compuestos hidróxido-alumínico-hexolcálcicos, fácilmente solubles, según la reacción siguiente:

$$2\left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\\(H_2O)_2\end{pmatrix}Ca\right]_2(OH)_2 + Ca(OH)_2 = \left[Al\begin{pmatrix}OH\\OH\end{pmatrix}Ca\right]_3(OH)_2 + 2H_2O \quad \ldots \quad (4)$$

Cuando la reacción se realiza muy rápidamente, como por ejemplo al añadirle cloruro de aluminio, se produce también el falso fraguado, que en este caso ya no es debido a la hidrólisis, sino a la abundante formación de esferolitos.

Prof. O. Graf: protección del hormigón contra el agua agresiva.—El conferenciante disertó sobre experiencias efectuadas con diversas clases de cementos, y trató detalladamente de la influencia del cloruro magnésico y de las soluciones sulfatadas. El hormigón, para poder resistir, debe ser hecho lo más compacto posible.

Dr. A. Hummel: eficacia de los análisis al tamiz, y del módulo de finura de Abrams.—El grado de compacidad no es, en modo alguno, un índice seguro de máximas resistencias; los análisis al tamiz de las materias inertes es frecuente conduzcan a deducciones erróneas.

Según los ensayos de Hummel, el escalonamiento granulométrico, especialmente si se trata de agregados gruesos, carece de objeto; en las arenas tampoco puede ya justificarse el sistema hasta ahora preconizado, del mínimo de huecos en la composición granulométrica mezclada. Hummel admite el módulo de finura debido a Abrams como un criterio más seguro, puesto que todos los agregados, con el mismo módulo de finura, requieren igual dosis de agua y acusan iguales resistencias.

A. B. Helbig: perfeccionamiento en los molinos del cemento.—La conferencia de Helbig, altamente interesante y de gran trascendencia prática, pero cuyos detalles no pueden ser reproducidos aquí, ni siguiera en forma aproximada,

culminó en el siguiente resumen: El material, tal como queda en el molino preliminar, pasa a un separador grueso que lo clasifica en material granulado o casquijo, y polvo fino. La parte gruesa regresa al molino, mientras que el polvo va a un segundo separador, que operando con arreglo al principio de la separación en circuito cerrado, lo despoja del polvo más fino; el material fino descargado del polvo pasa entonces a los refinos, para ser allí nuevamente molido. Helbig mencionó, entre otras, las siguientes mejoras de producción obtenidas por este procedimiento, que ha sido llevado a la práctica y perfeccionado por la casa Gebr. Pfeiffer, de Kaiserslautern. Con un residuo de 6 a 7% sobre el tamiz de 4,900 mallas por cm_2, la producción del molino sube, de 10½ a 13½ t.; con un residuo de 0.5%, sube de 7½ a 10 t. La cantidad de energía requerida desciende, al mismo tiempo, de 51.7 a 40.2 Kw/hora por tonelada.

Una Fábrica Alemana Moderna de Cemento.

La fábrica de la Kursachsen Portland Cement Gesellschaft está situada en Carsdorf a/U, en las proximidades de Naumberg a/S en el centro de un distrito industrial, y contigua a los yacimientos de lignito de la Alemania Central. La fábrica (fig. 1, pág. 828) está emplazada sobre un ramal ferroviario que conduce a Naumberg, donde enlaza con la linea principal Berlin-Hallé-Erfurt-Frankfurt a/M, así como también por Artern, al distrito del Harz. Carsdorf está situada sobre el río Unstrut, que afluye al Saale, y como ambos ríos son navegables, Carsdorf queda comunicado por vía fluvial con la mayor parte de la Alemania septentrional y central. La primera parte de la fábrica se puso en marcha en el otoño de 1928, y al mismo tiempo se empezaron las obras para su ampliación, de modo que la totalidad de la fábrica fué puesta en marcha en verano de 1929.

Las primeras materias son caliza y pizarra. La caliza es del tipo " Muschelkalk " muy abundante en el centro de Alemania, y la pizarra es de la llamada " Röt." Como se vé en la figura 2 (pág. 829) se emplea la vía húmeda.

La figura 2 (pág. 829) es un diagrama que indica la distribución de la fábrica:

(1) Cable transportador para la caliza; (2) Trituradora para la caliza; (3) Transportador de la pizarra; (4) Molino de rodillos para la caliza y la pizarra; (5) Cinta transportadora para la caliza y la pizarra; (6) Cinta transportadora para la arena, etc.; (7) Silo para la caliza; (8) Silo para la arcilla; (9) Silo para la arena, etc.; (10) Mesas alimentadoras; (11) Transportador de cinta; (12) Molinos de crudo; (13) Elevadores para pasta; (14) Distribuidor de pasta; (15) Recipientes de pasta; (16) Compresores de aire; (17) Aparatos alimentadores de pasta; (18) Hornos Unax; (19) Trituradora de carbón; (20) Elevador; (21) Cinta transportadora para el carbón; (22) Reserva de carbón; (23) Tolvas de carbón húmedo; (24) Tambores secadores para el carbón; (25) Elevador para el carbón seco; (27) Molinos de carbón; (28) Elevador para el polvo de carbón; (29) Tolvas para el carbón pulverizado; (30) Vises medidores del carbón; (31) Ventilador; (32) Transportador de sacudidas para el clinker;

(33) Transportador de noria de cangilones para el clinker; (34) Reserva de clinker; (35) Tolvas para clinker; (36) Tolvas para el yeso; (31) Mesas alimentadoras para los molinos de cemento; (38) Molinos de cemento; (39) Máquinas pesadoras para el cemento; (40) Elevador para el cemento; (41) Silos para el cemento; (42) Transportador " Fluxo "; (43) Compresor de aire; (44) Bomba de vacío; (45) Envasadora " Fluxo "; (46) Vías férreas.

La cantera de caliza está a unos 500 m. de la fábrica y unos 70 m. mas arriba. La caliza se arranca por medio de barrenos, cargándose por ahora a mano, en vagonetas. La piedra se transporta así a la estación de carga de un cable aéreo (fig. 3, pág. 830) donde los mismos baldes que forman la parte superior de las vagonetas son levantados y suspendidos de los ganchos que penden de las carretillas del cable, transportándose así la caliza a la instalación trituradora preliminar. Como el cable aéreo está en pendiente ha sido proyectado de forma que sea automotor esto es que las vagonetas cargadas al descender hacia la instalación trituradora, hagan subir las vagonetas vacías que regresan a la estación de carga de la cantera. No hace falta por lo tanto fuerza motriz adicional. El cable está provisto de un dispositivo para la descarga automática de la caliza en las trituradoras (fig. 4, pág. 830).

La piedra se machaca en una trituradora de mandíbulas, y de allí pasa a un molino de rodillos situado debajo. En el molino de rodillos, el material queda ya mas desmenuzado siendo luego descargado en un transportador de correa inclinada, que lo lleva a un silo de caliza situado encima de los molinos de crudo. La pizarra se extrae de un yacimiento muy próximo a la instalación trituradora, siendo vertida directamente en el molino de rodillos ya mencionado.

Las canteras de caliza y pizarra se explotan en los turnos diferentes de modo que los materiales no se mezclan en el molino de rodillos, sino que se machacan por separado, siendo la pizarra transportada a un silo independiente, adyacente al silo de caliza, que está encima de los molinos del crudo. Bajo cada uno de los silos de caliza y pizarra se dispone de un alimentador de mesa para extraer de los silos los dos materiales en la debida proporción y enviarlos con regularidad a los molinos.

Hay dos molinos Unidan para la molturación del crudo (fig. 5, pág. 831) dividido cada uno de ellos en tres compartimientos. La mezcla de caliza y pizarra puede ser enviada a cualquiera de los molinos por separado o bien repartirse entre ambos. A la entrada de los molinos se agrega agua a las primeras materias, que quedan molidas en forma de pasta fina y homogénea.

Los dos alimentadores mencionados van accionados por un mismo motor de velocidad variable, de modo que modificando la velocidad puede regularse la cantidad total introducida en los molinos, sin alterar la dosificación de caliza y pizarra.

Además de los silos de caliza y pizarra, hay otros dos silos, provisto cada uno de un alimentador de mesa frente al molino del crudo. Estos dos silos están destinados a los materiales que han de agregarse a la mezcla cruda al fabricar cemento de endurecimiento rápido.

Los molinos del crudo son accionados por motores eléctricos acoplados directamente a reductores de engranaje, y como el material se muele húmedo y no se produce polvo en el local donde están los molinos, los motores pueden estar situados en la misma sala que aquellos.

La pasta es descargada desde los molinos de crudo en recipientes que van a parar a tres elevadores situados en el departamento de la pasta. Se han

dispuesto 4 tolvas cilíndricas de hormigón para la mezcla y conservación de la pasta, y los elevadores se hallan instalados a ellas. Las cajas de los elevadores son de hormigón, material de que está hecha tambien en parte la estructura principal del edificio. Los elevadores tienen cangilones muy grandes, y marchan a pequeña velocidad.

La pasta procedente de los molinos se eleva por medio de uno de dichos elevadores, hasta un distribuidor desde el cual corre por su propio peso hasta uno cualquiera de los cuatro silos. Si se desea, puede mezclarse el contenido de uno de los silos con el contenido de cualquiera de los otros usando el segundo elevador, y cuando la pasta ha alcanzado ya la composición correcta, el tercer elevador la lleva al aparato de alimentación del horno.

Los tres elevadores de pasta están dispuestos de manera que puedan emplearse indistintamente para cualquiera de los tres fines mencionados. Esto quiere decir que siempre se tendrá disponible un elevador de reserva para la alimentación del horno y para traer la pasta desde los molinos, ya que la homogeneización de la pasta de uno a otro de los silos no hace falta hacerla precisamente en un momento determinado. Para asegurar la perfecta mezcla de la pasta en las tolvas de hormigón, estas están provistas de toberas para producir la remoción por medio del aire comprimido. Los compresores están contiguos, inyectándose aire a través de la pasta cuantas veces sea preciso.

El aparato de alimentación de pasta en el horno es del tipo de cangilones, accionado por un motor eléctrico de velocidad variable. La velocidad del motor es regulada desde una plataforma situada en el extremo de salida del horno, de modo que el calcinador pueda variar la cantidad de pasta suministrada.

Los dos hornos Unax (fig. 6 y 7, pág. 831 y 832) están dispuestos para tiro natural e inducido, siendo accionados por motores de velocidad variable, acoplados directamente, con reductores de engranaje. Como los enfriadores de clinker están acoplados directamente a los extremos de los hornos, éstos últimos han sido montados a menor altura que de ordinario y los lados del edificio de hornos, están al descubierto.

El clinker que sale de los enfriadores es extraído por un transportador de sacudidas que va por el interior de un tunel. Después de pasar por una máquina pesadora automática, el clinker es descargado en un transportador de noria que lo lleva al almacén de clinker. Este transportador de noria descarga el clinker en cualquier punto del almacén, y al mismo tiempo se emplea para extraer el clinker y transportarlo a los silos del molino de cemento. Esto se consigue haciendo que el transportador pase por un tunel situado debajo del almacén de clinker (fig. 8, pág. 833) y practicando diversas aberturas de extracción del clinker en el techo del tunel, provistas de aparatos automáticos para llenar los cangilones del transportador. El yeso es llevado a silos separados que hay junto al molino de cemento, de la misma manera que el clinker.

Para la molturación del cemento se han instalado dos molinos Unidan (fig. 9, pág. 833) con cuatro compartimientos cada uno. Los molinos son accionados por motores eléctricos acoplados directamente a reductores de engranaje; motores y reductores están situados en un local aparte. En cada molino de cemento se ha instalado una máquina pesadora automática, y el cemento acabado es llevado desde las pesadoras a los cuatro silos de cemento, por medio de transportadores de tornillo y elevadores.

Los silos de cemento son de hormigón armado; son cilíndricos en toda su altura no habiéndose dispuesto túneles de extracción debajo de ellos. Esta

disposición ha sido posible gracias a la instalación de un transportador neumático Fluxo, que extrae el cemento de los silos y lo lleva a la tolva o depósito situado sobre la máquina envasadora. Este transportador está conectado con tuberías de aspiración situadas en el fondo de los silos; el cemento es aspirado por dichas tuberías haciendo el vacío, siendo impulsado luego por una tubería hasta la tolva de envasado por medio de aire comprimido.

El transportador Fluxo está montado sobre ruedas, y puede conectarse con cualquiera de los cuatro silos. Si es preciso, puede emplearse para extraer cemento de un silo e introducirlo en otro, para llevar a cabo la homogeneización.

Bajo la tolva de envasado se halla una envasadora neumática Fluxo. El cemento se envasa en sacos de papel de tipo válvula; los sacos llenos son separados automáticamente por la máquina, tan pronto como alcanzan el peso prefijado, Resbalan hasta carretillas apropiadas, siendo transportados directamente a vagones de ferrocarril o a autocamiones alineados junto a la plataforma de la ensacadora.

El carbón llega a la fábrica por ferrocarril, siendo volcado directamente en una tolva situada sobre la trituradora de carbón. Después de la trituración preliminar se le sube por medio de un elevador hasta un transportador de correa que lo lleva a las tolvas situadas frente a los secadores de carbón. Dicha correa está dispuesta en un nivel elevado, dentro de un conducto de protección fig. 10, pág. 834). Cuando las tolvas de los secadores están llenas, el carbón se descarga directamente desde el transportador de correa sobre el suelo, donde se almacena hasta el momento preciso. El carbón es extraído del almacén por pequeñas vagonetas que corren por un tunel inferior, siendo transportado hasta el elevador situado detrás de la trituradora.

El carbón se seca en dos secadores rotatorios, con alimentadores situados inmediatamente debajo de las tolvas de carbón. El carbón seco pasa a un pesador automático, y por medio de transportadores de tornillo y un elevador se lleva a los dos molinos tubulares donde es pulverizado. El polvo de carbón es elevado hasta dos tolvas, una para cada uno de los hornos.

Los alimentadores para medir el polvo de carbón que se introduce en los hornos están instalados bajo las tolvas (fig. 11, pág. 834) junto con ventiladores de alta presión para inyectar el carbón por las tuberías de los mecheros. Los alimentadores son accionados por motores de velocidad variable regulados desde la plataforma del calcinador. Para impedir que en el funcionamiento del molino de carbón se desprenda polvo se recoje el producido en los secadores, transportadores, etc. en una instalación de captación de polvo independiente, inyectándose luego directamente en los hornos.

Al proyectar la fábrica se tomaron medidas especiales para evitar la pérdida de polvo hacia la atmósfera. Esto se ha conseguido disponiendo grandes cámaras de sedimentación en todas los puntos donde se produce polvo, por ejemplo, entre los hornos y las chimeneas, en la instalación de desecación del carbón, y en el molino de cemento.

Como ya se ha dicho la mayor parte de la maquinaria es accionada por electromotores independientes. La energía se adquiere de una Central exterior, habiendose dispuesto una estación transformadora (fig. 12, pág. 835) en la fábrica, para transformar la tensión de 30.000 a 500 Voltios.

La producción de toda la fábrica es actualmente de 500 toneladas diarias. La fábrica fué proyectada por F. L. Smidth & Cia. S.A. de Copenhague, que fué también quien suministró toda la maquinaria.

La fabricación de cemento en España.

Por JULIÁN GIL MONTERO.
Ingeniero electroquimico. I.C.

El desarrollo alcanzado por la industria del cemento en España es muy reciente y coincide con una actividad también extraordinaria de la edificación en general y de las obras públicas que hay actualmente en ejecución. La fábrica más antigua fué establecida el año 1898 por la Sociedad Anónima Tudela-Veguín, que adoptó los hornos rotatorios inventados pocos años antes en Inglaterra, por Ransome y que el español José Navarro había modificado en 1896 al fundar en los Éstados Unidos de América la Atlas Portland Cement Co. Hasta entonces todo el cemento que se consumía en España era importado de Francia, Bélgica y Alemania.

La S.A. Tudela-Veguín estableció su fábrica en la provincia de Oviedo y trabaja hoy con cuatro hornos rotatorios, capaces de una producción anual de 60,000 t. Pocos años más tarde, en 1904, el conde de Güell, de acuerdo con Navarro y el arquitecto catalán don Rafael Guastavino, fundó, en la provincia de Barcelona, una nueva fábrica que lanzó al mercado los cementos Asland y el año 1909 fué ampliada con dos hornos rotatorios de vía seca, de más de cuarenta metros de longitud, capaces de una produción anual de más de 105,000 t. La Compañia General de Asfaltos y Portland Asland, propietaria de esa fábrica, es hoy la más importante de España, elabora el 25 por 100 de la producción nacional y ha establecido nuevas fábricas en Moncada (Barcelona) el año 1917, y en la provincia de Toledo en 1926, y se hecho cargo de la que elaboraba en Vizcaya desde 1923 el cemento " Fama," contando en total con ocho hornos rotatorios de vía seca, que permiten a esta compañia producir medio millón de toneladas anuales. Por el mismo sistema de hornos rotatorios por vía seca, trabajan otras cuatro fábricas en Madrid, Barcelona y Navarra, con diez hornos y una producción anual de unas 400,000 t.

El procedimiento de vía húmeda fué empleado, por vez primera en España en la fábrica que hoy es propiedad de don José Fradera y fué instalada el año 1913 en la provincia de Barcelona, para aprovechar las riquísimas canteras de Vallcarca de Sitges. Tiene tres hornos, capaces de producir anualmente 135,000 t y fabrica cementos portland y de grappiers. Cuatro fábricas más trabajan por este sistema en Bilbao, Madrid, Toledo y Sevilla, con cinco hornos y una producción anual que, incluída la del señor Fradera, excede de 300,000 t. La Cementos Grifi, S.A., de Villanueva y Geltrú (Barcelona) fué instalada por la casa Smidt, de Copenhague, el año 1926, con un horno de una capacidad productiva de 30,000 t anuales y fabrica exclusivamente cemento portland blanco.

El procedimiento de pasta espesa, poco extendido todavía en España, ha sido adoptado por la Cosmos, S.A., de Madrid, que el año 1924, estableció en Toral de los Vados (Provincia de León), con maquinaria de la casa Amme, Giesecke y Konegen, una fábrica capaz de una producción anual de 60,000 t con un solo horno rotatorio.

Con hornos verticales trabajan siete fábricas, con un total de treinta y tres hornos, siendo la más antigua la de la Sociedad Aragonesa de Portland Artificial, de Zaragoza, fundada en 1900 que tiene en funcionamiento cuatro hornos, ascendiendo la producción total anual de las siete fábricas a unas 450,000 t. Todas estas fábricas elaboran, en su casi totalidad, portland y algunas de ellas cementos puzolánicos y de grappiers y la Cementos Zumaya,

S.A., de la provincia de Guipúzcoa, sólamente fabrica el cemento de su nombre. Existen en total actualmente unas treinta fábricas, en las que funcionan treinta y tres hornos rotatorios y otros tantos, verticales, correspondiendo, como hemos visto, la mayor parte de la producción a los rotatorios.

La gran guerra determinó una gran escasez de cementos que dió lugar al consiguiente aumento de precios y las fábricas españolas pudieron exportar sus cementos a las naciones aliadas, ampliándose la produccion con la apertura de nuevas fábricas y perfeccionamiento de las ya existentes, con lo que la fabricación total annual, que desde 1905 hasta 1914 había aumentado de 140,000 a 400,000 t, llegó el año 1920 a 600,000. El consumo nacional entre tanto aumentaba también incesantemente debido a la actividad desplegada en el ramo de la edificación en las grandes poblaciones que ejecutaban grandes proyectos de ensanche y emprendían obras de pavimentación de calles y carreteras para hacerlas capaces de soportar el intenso tráfico automovilista de nuestros dias dotándolas de firmes especiales en cuya ejecución se han consumido tales cantidades de cemento que la produción anual fué 730,000 t el año 1921; en 1923, llegó a 800,000; en 1924 alcanzó la cifra de 1,175,000 y el año 1925 se elevaba a 1,300,000 t. Pero al instalar las fábricas se fué teniendo mas en cuenta la proximidad de los centros de consumo y, como en el norte y centro de España ya se aglomeraban en exceso, durante los años 1922 y 1923 se establecieron las nuevas en Valencia y Andalucía, sin que la actividad de la construcción y las obras públicas fuese capaz de absorber la superprodución a que habían llegado las veinte fábricas que funcionaban el año 1925. Esto dio lugar a una guerra de precios entre los fabricantes que, en ruinosa competencia, vieron como se inauguraban cinco nuevas fábricas, capaces de producir 220,000 t más sobre la ya excesiva cantidad que las anteriores elaboraban.

Al mismo tiempo se hacía sentir, en todo el mundo, la competencia de los cementos fundidos y los supercementos que muchos constructores buscaban, cansados de los cementos deficientes que se fabricaban en todas partes durante la gran guerra. Pero en España apenas se advirtió esta lucha pues los fabricantes españoles, en tan furiosa competencia de precios entonces, tuvieron que competir también en calidad y así, mientras procuraban abaratar sus cementos, se esforzaron por perfeccionarlos y darles características capaces de competir con las de los supercementos y cementos fundidos, logrando producir tipos resistentes a la acción de las aguas marinas y suficientemente rápidos en el endurecimiento para permitir un pronto desencofrado en las obras de hormigón.

La prolongada concurrencia, agravada con el establecimiento de nuevas fábricas, hizo a los productores comprender la necesidad de agruparse constituyendo un trust con objeto de evitar la competencia fijando un precio mínimo de venta, adaptar la producción a las necesidades del mercado y evitar el establecimiento de nuevas fábricas, constituyéndose a este efecto, en diciembre de 1926, la "Agrupación de Fabricantes de Cemento Portland." Como consecuencia de esto cesó la competencia, se fusionaron algunas empresas de las concurrentes, se perfeccionó la producción y no fué preciso moderarla porque el impulso dado a las obras públicas por el ministro de Fomento, señor conde de Guadalhorce, hizo aumentar enormemente el consumo nacional. El Patronato del Circuito Nacional de Firmes Especiales, modificando nuestras carreteras; las obras de los saltos del Duero; las Confederaciones Sindicales Hidrográficas, creadas para acometer el aprovechamiento de las riquezas de nuestros rios; los trabajos en ferrocarriles y puertos y demás obras integrantes del plan mencionado

empezaron a requerir tales cantidades de cemento que la producción nacional, que el año 1929 ascendía ya a millón y medio de toneladas anuales, llegó a ser insuficiente y, aunque todas las fábricas trabajaban a plena producción, el Gobierno del general Primo de Rivera estimó necesario autorizar la importación de 300,000 t de cemento extranjero[1] para cubrir el déficit de la producción nacional, que pronto sobrepasará la cifra de dos millones de toneladas en que está calculado el consumo pues, además de las fábricas que anteriormente hemos enumerado, muy en breve se inaugurará en Miraflores (Zaragoza) una nueva de la razón social Cementos Portland " Zaragoza," S.A., con hornos rotatorios de vía húmeda;[2] se proyecta otra en la provincia de Valladolid, zona demasiado alejada de los centros productores y donde el consumo es grande debido a la actividad de las obras públicas que hay en ejecución actualmente en aquella provincia.

La agrupación de fabricantes ha iniciado la publicación de folletos de divulgación y propaganda de las excelencias del portland; las fábricas van aumentando su capacidad productiva y establecen laboratorios y servicios de informaciones y consultas para sus clientes; y la técnica de la edificación ha progresado notablemente en estos últimos años en que se ha intensificado la construcción de rascacielos y el empleo del hormigón armado y se han hecho numerosos ensayos de construcción con hormigón colado y con bloques o conglomerados de cemento, ladrillo hueco y cal y arena.

La fabricación de cementos aluminosos no parece tener gran porvenir en España, pues las bauxitas de que se dispone no son muy abundantes. Sin embargo se ha indicado en algunas revistas técnicas la posibilidad de utilizar las bauxitas inútiles por su pobreza para la obtención de aluminio, para mejorar las escorias de los hornos altos de acuerdo con los experimentos efectuados en los Estados Unidos de América por el " Bureau of Mines," que logró obtener así escorias aluminosas capaces de producir cantidades nada despreciables de cemento.

El portland blanco, que había sido fabricado por vez primera en España por la Asland y luego por la Grifi es cada día más empleado en obras de caracter decorativo y ornamental. En la Exposición General de la Construcción, celebrada en Madrid en 1925, presentó la casa Asland bellas estatuas elaboradas con el cemento blanco de su fabricación y en el Pueblo Español de la Exposición Internacional de Barcelona, han sido reproducidos edificios, monumentos y detalles arquitectónicos de toda España empleando el cemento portland blanco, de producción nacional, para imitar la caliza, granito, ladrillos, arcilla y otros materiales reproduciendo perfectamente no solo el colorido sino también la pátina del tiempo.

[1] Con derechos arancelarios reducidos.
[2] La Compañía " Asland " está construyendo una modernísima fábrica junto a Córdoba.

Aviso.

Todos los artículos publicados en " CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE " en cualquier idioma, son de absoluta propiedad, y no pueden reproducirse en otras revistas, ni en forma de catálogos, sin el permiso de los propietarios, Concrete Publications, Limited, 20, Dartmouth Street, Westminster, London, Inglaterra.

CEMENT

AND

CEMENT MANUFACTURE

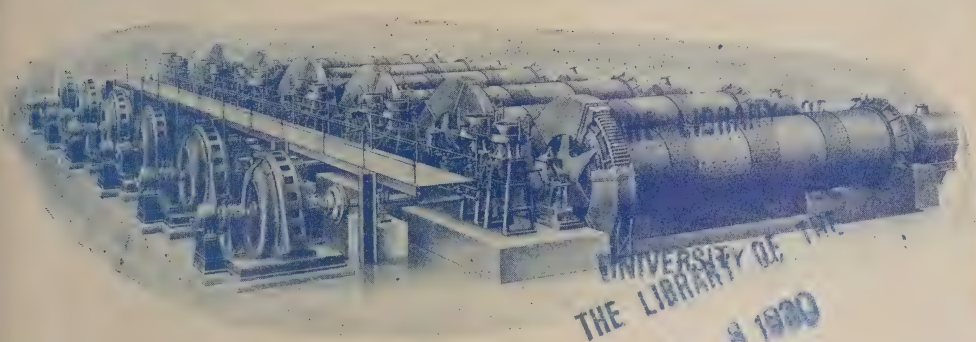
THE INTERNATIONAL CEMENT JOURNAL

PRINTED IN ENGLISH | IN DEUTSCH GEDRUCKT
PUBLIE EN FRANÇAIS | EDITADA EN ESPAÑOL

MANAGING EDITOR: H. L. CHILDE. CONSULTING TECHNICAL EDITOR: S. G. S. PANISSET.

No. 6. JUNE 1930 PRICE 2/- MONTHLY

UNIVERSITY OF ILLINOIS LIBRARY CHEMISTRY



UNIVERSITY OF THE LIBRARY OF THE JUL 8 1930 UNIVERSITY OF ILL

COMPLETE MENT - MAKING EQUIPMENT.

group of tube mills, rated above, was tly erected by us for largest cement works Europe.

output of one tube is 10 to 12 tons per of rapid-hardening land cement, ground % on the 180 × 180 lard sieve.

specialise in complete pment for Cement s on the wet or dry ess; machines for works; and stone-king plants.

for free particulars he address below.

MATERIEL COMPLET POUR CIMENTERIES.

La batterie de Tubes Broyeurs figurant ci-dessus a été montée récemment par notre maison dans la plus grande Cimenterie en Europe. Le rendement d'un Broyeur est de 10 à 12 Tonnes par heure de Ciment Portland à prise rapide réduit à 1% sur le tamis métrique normal de 5000.

Nous spécialisons en matériel complet pour Cimenteries à voie séche ou humide, machineries pour Usines à Chaux, installations à concassage de pierre.

Ecrire à l'adresse ci-dessous. Tous renseignements seront fournis gratuitement.

VOLLSTÄNDIGE AUSRÜSTUNG VON ZEMENTFABRIKEN.

Die oben in der Abbildung gezeigte Rohrmühlengruppe wurde kürzlich von uns für die grössten europäischen Zementwerke gebaut. Die Leistung einer Rohrmühle beträgt stündlich 10 — 12 t hochwertigen Portlandzement, der auf 1% Rückstand auf dem 5000-Normalmaschensiebe vermahlen ist.

Wir sind Spezialisten für die vollständige maschinelle Ausrüstung nach dem Nass-oder Trockenverfahren für Kalkwerksmaschinen und für Brecheranlagen.

Wegen Einzelheiten frage man bei der untenstehenden Adresse an

INSTALACIÓN COMPLETA PARA FÁBRICAS DE CEMENTO.

El grabado de arriba indica un grupo de Tubos Trituradores recientemente instalado por nuestra casa en la más importante fábrica de cementos en Europa. El rendimiento de uno de estos tubos es de 10 a 12 toneladas por hora de Cemento Portland de fraguado rápido, con residuo del 1 por ciento sobre criba métrica normal de 5000. Somos especialistas en instalaciones completas para Fábricas de Cemento sea del sistema seco sea del sistema húmedo, maquinaria para fábricas de cal, instalaciones para quebrantar piedras.

Escribid a la dirección indicada. Se facilitan gratis informes detallados.

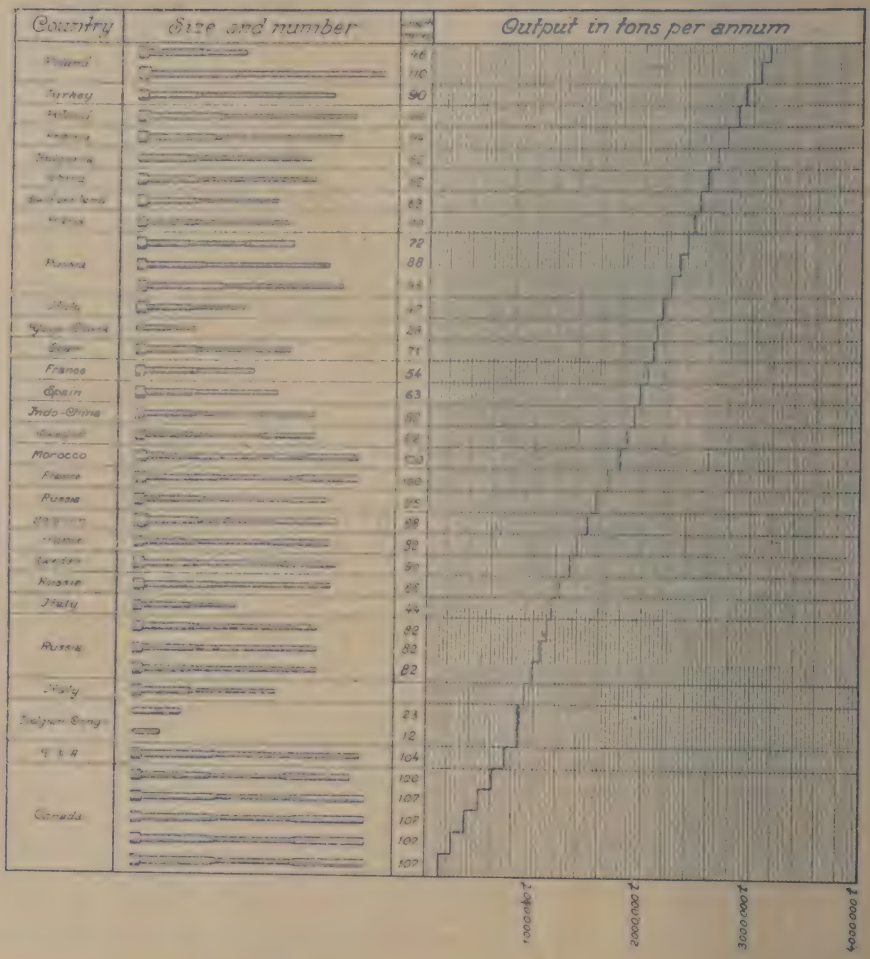
RNEST NEWELL & Co., LTD.

MISTERTON, DONCASTER, ENGLAND.

hed by Concrete Publications Ltd., 20 Dartmouth Street, London, S.W.1, England.

F.L.SMIDTH & Co. LTD

DIAGRAM SHEWING F.L.S. KILNS SOLD DURING 1929.



Address all Enquiries to:-

F. L. SMIDTH & Co., LTD.,

VICTORIA STATION HOUSE, LONDON, S.W.1.

Telephone: FRANKLIN 6107-8.

Telegrams: "FOLASMIDTH SOWEST LONDON"

COMPLETE EQUIPMENT FOR CEMENT WORKS.

During 1929 *our Sales included Rotary Kilns of a total length of approximately* 2 *miles, with a total output of* 3,000,000 *tons per annum, and* 62 *UNIDAN Mills with a total output of* 7,000,000 *tons per annum.*

Messrs. G. & T. Earle's new Works at Hope which is equipped with F. L. Smidth's machinery.

F. L. SMIDTH & Co., LTD.

ENGINEERS,

VICTORIA STATION HOUSE, VICTORIA STREET,

LONDON, S.W.1.

Telegrams: "FOLASMIDTH, SOWEST, LONDON."

Telephone: FRANKLIN 6107-6108.

CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE

PUBLISHED 20TH OF EACH MONTH. PRICE 2/- A COPY. ANNUAL SUBSCRIPTION 24s. POST FREE.

PUBLISHED BY CONCRETE PUBLICATIONS LTD., 20, DARTMOUTH STREET, LONDON, S.W.1.

TELEPHONE: VICTORIA 4581.

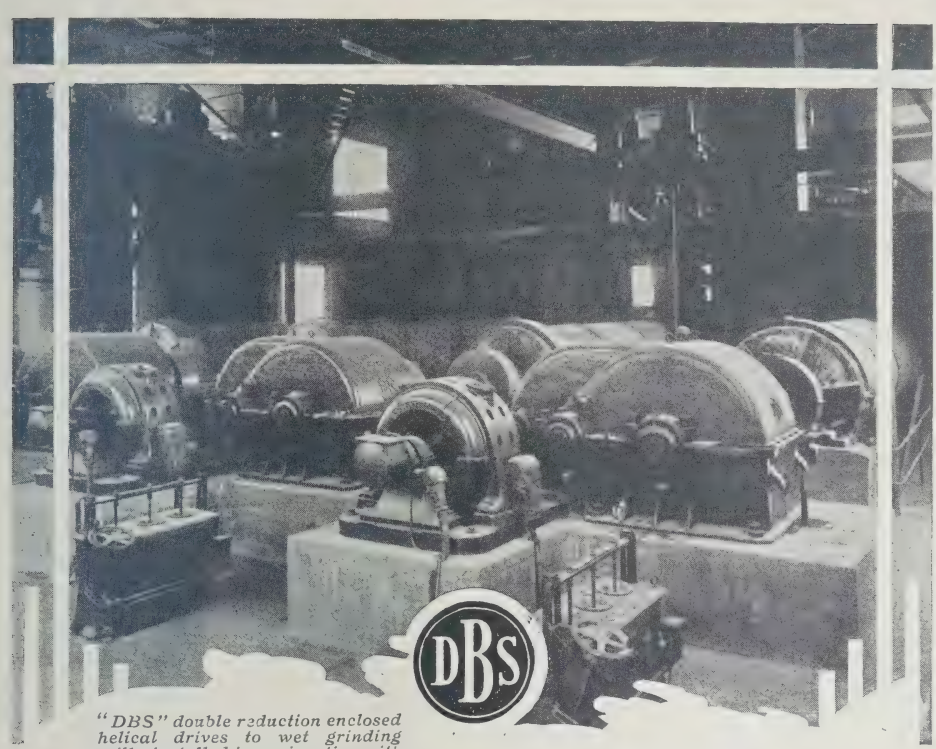
TELEGRAPHIC ADDRESS: CONCRETIUS, PARL, LONDON.

PUBLISHERS OF
"CONCRETE & CONSTRUCTIONAL ENGINEERING"
"CONCRETE BUILDING & CONCRETE PRODUCTS"
"CEMENT & CEMENT MANUFACTURE"
"THE CONCRETE YEAR BOOK"
"CONCRETE SERIES" BOOKS, ETC.

INDEX TO ADVERTISERS.

BEZUGSQUELLEN.
RÉPERTOIRE des ANNONCES.
DIRECTORIO COMERCIAL.

Allen, Edgar, & Co., Ltd. ... vii
Alley & Maclellan, Ltd. ... —
Andreas Engineering & Construction Co., Ltd. ... xl
Avery, W. & T., Ltd. ... xxxi
Babcock & Wilcox, Ltd. ... xxxvi
Bagshawe & Co., Ltd. ... xxxix
Bailey, Sir W. H., & Co., Ltd. xxxviii
Bates International Bag Co. ... xxiii
Beldam Packing & Rubber Co., Ltd. xvi
Boudard, H. ... ... —
Bradley Pulverizer Co. ... xxviii
British & Foreign Machinery Co., Ltd. xxxiii
British Rema Manufacturing Co., Ltd. ... ... —
Brown, David, & Sons (Hudd.), Ltd. v
Brown, John, & Co., Ltd. ... xlii
Bruce Peebles & Co., Ltd. ... —
Cambrian Wagon Co., Ltd. ... —
Candlot ... ... —
Chemisches Laboratorium für Tonindustrie ... ... —
Citroën Gear Co., Ltd. ... xiii
Colthrop Board and Paper Mills, Ltd. xxxi
Concrete Engineering Co., Ltd. —
Constantin, E. xxiv
Crompton Parkinson, Ltd. ... —
Curtis, A. L. xxxvii
Davidson & Co., Ltd. xxxix
Davison, Charles, & Co., Ltd. —
Dawson, James, & Son, Ltd. ... xvii
Denison & Sons, Ltd. ... ... —
Diamond Lubricating Co., Ltd. —
Dixie Machinery Manufacturing Co., Ltd. xxxiii
Ewart Chain Belt Co., Ltd. ... xii
Fellner & Ziegler xli
Fraser & Chalmers Engineering Works 839
Fuller Company xxiv
General Electric Co., Ltd. ... 839
General Refractories Co., Inc. xx
Glover, W. T., & Co., Ltd. ... —
Goss, G. P., & Co. ... ... —
Haver & Boecker xvi
Head, Wrightson & Co., Ltd. —
Helipebs, Ltd. xxi
Hepburn Conveyor Co., Ltd. —
Hudson, Robert, Ltd. xxx
Industrial Driers, Ltd. ... xxvi
Kraft Sacks, Ltd. xxxiii
Kordt & Rosch A.-G. xxv
Krupp Grusonwerk xxii
Le Boutillier, John, Ltd. ... —
Lewis & Tylor, Ltd. xxxiv
Librawerk, M.B.H. ... ... —
Locker, Thos., & Co., Ltd. ... —
Luth & Rosen, Ltd. xviii
Meade, Richard K., & Co. ... xxxviii
"Miag" Mühlenbau und Industrie, A.-G. ... —
Mining & Industrial Equipment, Ltd. xxvii
Newell, Ernest, & Co., Ltd. Front Cover
Paper Sacks, Ltd. xxiii
Pfeiffer, Gebr., A.G. xiv
Platt, S., Ltd. ... ... —
Polysius, G. xxix
Power Plant Co., Ltd. ... ix
Richter, Oscar xxx
Rolland, John, & Co. xxii
Ruston-Bucyrus, Ltd. ... ... —
Ruston & Hornsby, Ltd. ... 837
Salter, G., & Co., Ltd. ... —
Sargeant, E. F. ... ... —
Schmitt, F. E. xxix
Seck Machinery Co., Ltd. —
Smidth, F. L., & Co., Ltd. ... ii, iii
Société Anonyme des Engrenages Citroën xiii
Société des T.M. Engins Broyeurs ... ... —
Stein, John G., & Co., Ltd. ... xix
Sullivan Machinery Co., Ltd. —
Taylor, J. Darnley, & Co. ... xli
Vereinigte Stahlwerke, A.-G. xv
Vickers-Armstrongs, Ltd. x, xi & 888
Visco Engineering Co., Ltd. ... xxxviii
Wallwork, Henry, & Co., Ltd. —



"DBS" double reduction enclosed helical drives to wet grinding mills installed in conjunction with Messrs. Ernest Newell & Co., Ltd.

CEMENT MILL DRIVES
DEMAND
"DBS" ENCLOSED GEARING.

The arduous conditions of cement mill drives—twenty-four-hours-a-day service in a hot and dust laden atmosphere—are revealing more and more clearly the higher efficiency and ultimate economy of "DBS" enclosed reduction gears for all drives.

Skilfully designed with complete protection and self-contained lubrication systems, "DBS" gears are available to meet every operating condition and requirement. With gears and bearings running in cool, clean oil, continuously circulated, and the exclusion of dust and dirt from moving parts, the drive can be confidently relied upon for continuous trouble-free service.

DAVID BROWN & SONS (HUDD.) Ltd.,
HUDDERSFIELD.

CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE

Trades Directory.

Firmenregister. Répertoire des Adresses. Directorio Clasificados.

AIR SEPARATORS
Séparateurs à air
Windsichter
Separadores de aire
Andreas, G.m.b.H.
Boudard, H.
Davidson & Co., Ltd
Visco Engineering Co., Ltd.

BAGS & SACKS (Paper)
Papier-und Stoffsäcke
Sacs en papier
Sacos
Bates International Bag Co.
Colthrop Board & Paper Mills, Ltd.
Kraft Sacks, Ltd.
Paper Sacks, Ltd.

BELTING
Treibriemen
Courroies
Correas
Beldam Packing & Rubber Co., Ltd.
Dawson, James, & Son, Ltd.
Lewis & Tylor, Ltd.
Reddaway, F., & Co., Ltd.

BOILERS
Kessel
Chaudières
Calderas
Babcock & Wilcox, Ltd.

BUCKETS (Elevator and Conveyor)
Becher für Elevatoren und Transporteure
Godets pour élévateurs
Cangilones (en los elevadores y transportadores)
Bagshawe & Co., Ltd.

CABLEWAYS
Seilbahnen
Transporteurs aériens
Cables Vías de cable
British Ropeway Engineering Co., Ltd.

CASTINGS
Gehäuse
Moulages d'acier
Piezas de fundicíon
Brown, John & Co., Ltd.
Krupp Grusonwerk A.-G.
Vickers-Armstrongs, Ltd.

CLUTCHES
Kupplungen
Embrayages
Embragues
Broadbent. Thomas, & Son, Ltd.
Power Plant Co., Ltd.

CONTROLLERS (Electric)
Elektrische Schaltanlagen
Combinateurs electriques
Controles o reguladores (eléctricos)
Ellison, George.

CONVEYORS & ELEVATORS
Transporteure und Elevatoren
Transporteurs et Elevateurs
Transportadores y elevadores
Andreas, G.m.b.H.
Bagshawe & Co., Ltd.
Boudard. H.
Candlot, Ch.-E.
Constantin, E.
Ewart Chain Belt Co., Ltd.
Fraser & Chalmers Engineering Works.
Hepburn Conveyor Co., Ltd.
Lewis & Tylor, Ltd.
Polysius, G., A.-G.

CRANES
Krane
Grues
Grúas
Babcock & Wilcox, Ltd
Broadbent, Thomas, & Sons, Ltd
Vickers-Armstrongs, Ltd.

CRUSHERS
Brecher
Broyeurs et Cribles
Trituradoras
Allen, Edgar, & Co., Ltd.
Andreas, G.m.b.H
Bradley Pulverizer Co.
British & Foreign Machinery Co
British Rema Manufacturing Co., Ltd.
Dixie Machinery Manufacturing Co.
Johnson, Wm., & Sons (Leeds), Ltd.
Mining & Industrial Equipment, Ltd.
Vickers-Armstrongs Ltd.
Boudard, H.
Candlot, Ch.-E.
Krupp Grusonwerk A.-G
Miag Mühlenbau und Industrie A.-G.
Smidth, F. L., & Co., Ltd.
Pfeiffer Gebr.
Polysius, G., Ltd.

DRAGLINE EXCAVATORS
Bagger mit Leitseil
Excavateurs à câbles
Excavadoras o dragas de cable
Sargeant, E. F.

DRILLS, ROCK
Gesteinsbohrer
Perforatrices
Taladros, perforadoras o barrenadoras para roca
Sullivan Machinery Co., Ltd.

Continued on page viii.

DUST COLLECTING PLANT
Staubabscheidungssysteme
Collecteurs de poussières
Sistemas de captacíon de polvo
Andreas, G.m.b.H
Boudard. H.
Davidson & Co., Ltd.
Mining & Industrial Equipment, Ltd.
Polysius, G., A.-G.
Schmitt, F. E.
Visco Engineering Co., Ltd.

ELECTRIC CABLES AND WIRE
Elektrische Kabel und Drähte
Câbles électriques
Cables y alambres eléctricos
Glover, W. T., & Co., Ltd.

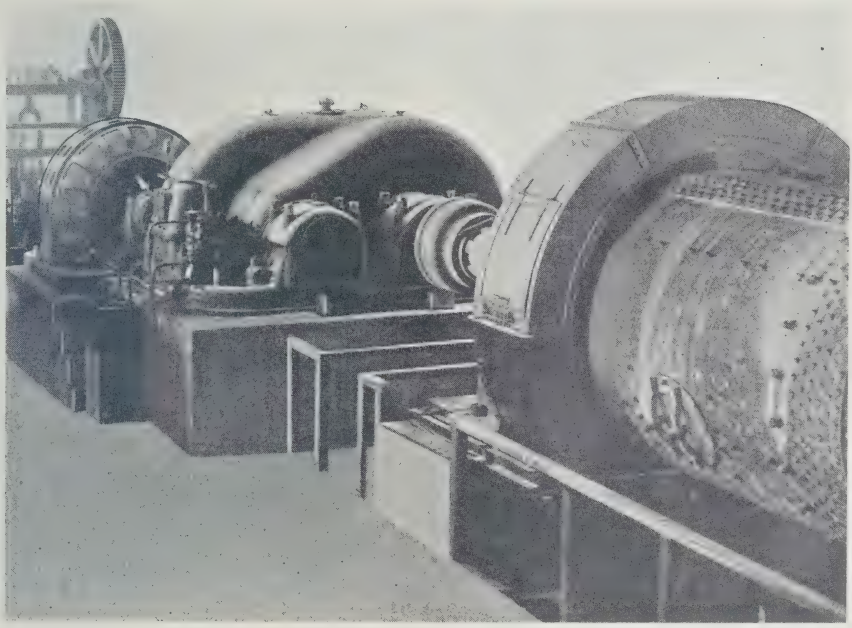
ENGINES (HEAVY OIL)
Kraft-Maschinen Stationäre (Rohöl - Verbrennungs-Motore)
Moteurs à huile lourde
Motores (aceite pesado)
Ruston & Hornsby, Ltd.
Vickers-Armstrongs, Ltd.

EXCAVATING MACHINERY
Löffelbagger
Excavateurs
Maquinaria excavadora
Ruston-Bucyrus, Ltd.
Smidth, F. L., & Co., Ltd.

FANS
Ventilatoren
Ventilateurs
Ventiladores
Davidson & Co., Ltd.
General Electric Co., Ltd.

GEARS (HELICAL)
Schraubenräder
Engrenages hélicoïdaux
Mecanismo o engranaje (helicoidal)
Brown, David, & Sons, Ltd.
Luth & Rosen, Ltd.
Krupp Grusonwerk A.-G.
Platt, Samuel, Ltd.
Power Plant Co., Ltd.
Société Anonyme Des Engranages Citroën.
Wallwork, H., & Co., Ltd.

Complete Cement Plants designed and erected.



STAG COMBINATION TUBE MILL FITTED WITH PATENT "CENTRA DRIVE."

Write for descriptive pamphlet.

EDGAR ALLEN & CO. Ltd.,
Imperial Steel Works,
SHEFFIELD.

Trades Directory.—(*Continued from page vi*).

Firmenregister. Répertoire des Adresses. Directorio Clasificados.

GRINDING BALLS
Mahlkugeln
Boulets en acier pour broyeurs
Bolas molturadoras
Broyeurs Société des T.M Engins.
Helipebs, Ltd.
Kordt & Rosch, A.-G.
Vereinigte Stahlwerke A.-G.

HOISTING MACHINERY
Aufzüge
Appareils de levage
Elevadores
Fraser & Chalmers Engineering Works.
General Electric Co., Ltd.
Ruston & Hornsby, Ltd.
Vickers-Armstrongs, Ltd.
Sullivan Machinery Co., Ltd.

KILN LININGS
Ofenfutter
Produits réfractaires
Forro o revestimiento del horno
Curtis, A. L.
Davidson, Charles, & Co., Ltd.
General Refractories Co.
Goss, G. P., & Co.
Stein, J. G., & Co., Ltd.

KILNS AND COOLERS (Rotary)
Drehöfen und Kühler
Fours rotatifs
Hornos y enfriadores (rotatorios)
Allen, Edgar, & Co., Ltd
Andreas, G.m.b.H.
Boudard, H.
Fellner & Ziegler.
Head, Wrightson & Co., Ltd.
Johnson, Wm., & Sons, Ltd.
Krupp Grusonwerk A.-G.
Newell, Ernest, & Co., Ltd.
Miag Mühlenbau und Industrie, A.-G.
Polysius, G., A.-G.
Smidth, F. L., & Co., Ltd.
Vickers-Armstrongs, Ltd.
Candlot, Ch.-E.

KILNS (SHAFT)
Schachtöfen
Fours Verticaux
Hornos (verticales)
Andreas, G.m.b.H.
Boudard, H.
Candlot, Ch.-E.
Krupp Grusonwerk, A.-G.

LUBRICANTS
Schmiermittel
Lubrifiants et huiles
Lubrificantes
Diamond Lubricating Co., Ltd.

PUMPS (CEMENT)
Zementpumpen
Pompes pour pâte à ciment
Bombas para cemento
Constantin, E.

MILLS, GRINDING
Mühlen
Broyeurs
Molinos
Allen, Edgar, & Co., Ltd.
Andreas, G.m.b.H.
Boudard, H.
Fellner & Ziegler.
Head, Wrightson & Co., Ltd.
Johnson, Wm., & Sons, Ltd.
Krupp Grusonwerk A.-G.
Newell, Ernest, & Co., Ltd.
Miag Mühlenbau und Industrie A.-G.
Pfeiffer, Gebr., A.-G.
Polysius, G., A.-G.
Smidth, F. L., & Co., Ltd.
Vickers-Armstrongs, Ltd.
Candlot, Ch.-E.

MOTORS AND GENERATORS (Electric)
Elektrische Motore und Generatoren
Générateurs et Moteurs Electriques
Motores y generadores (eléctricos)
Bruce Peebles & Co., Ltd.
Crompton Parkinson, Ltd.
General Electric Co., Ltd.

PACKING MACHINERY
Packmaschinen
Ensacheuses automatiques
Maquinaria de envasado
Andreas, G.m.b.H.
Bates International Bag Co.
Haver & Boecker
Librawerk, m.b H.
Paper Sacks, Ltd.
Polysius, G., A.-G.

PACKINGS
Packungen
Garnitures de presse-étoupes
Envases
Beldam Packing & Rubber Co., Ltd.

PULVERIZERS
Mahlmaschinen
Broyeurs à charbon et coke
Pulverizadores
Boudard, H.
Bradley Pulverizer Co.
British Rema Manufacturing Co. Ltd.
Mining & Industrial Equipment Ltd.
Johnson, Wm., & Sons (Leeds), Ltd.
Pfeiffer, Gebr.

RAILWAY EQUIPMENT
Bahnmaterial
Equipo ferroviario
Hudson, Robert, Ltd.

REFRACTORIES
Feuerfeste Materialien
Produits réfractaires
Refractarios
Curtis, A. L.
Davidson, Charles, & Co., Ltd.
General Refractories Co.
Goss, G. P., & Co.
Stein, J. G., & Co., Ltd.

SAND (Cement Testing)
Sand zur Zementprüfung
Sable pour essais de ciment
Arena (ensayos del cemento)
Curtis, A. L.

SCREENS
Siebe
Tamis
Tamices
Locker, Thomas, & Co., Ltd.
Mining & Industrial Equipment, Ltd.

SLURRY MIXERS
Schlammmischer
Malaxeurs
Mezcladores de pasta, amasadoras
Andreas, G.m.b.H.
Newell, Ernest, & Co., Ltd.

TESTING MACHINES & APPARATUS
Prüfmaschinen und Apparate
Machines à essayer
Aparatos de ensayos
Avery, W. & T., Ltd.
Bailey, Sir W. H., & Co., Ltd.
Macklow-Smith, A.
Richter, Oscar A.
Salter, G., & Co., Ltd.
Chemisches Laboratorium für Tonindustrie.

VALVES
Ventile
Vannes
Válvulas
Alley & MacLellan, Ltd.

WASTE HEAT BOILERS
Abhitzekessel
Chaudières (à chaleur perdue)
Calderas de aprovechamiento de calor perdido
Babcock & Wilcox, Ltd.
Candlot, Ch.-E.

WASTE HEAT RECOVERY SYSTEM
System zur Wiedergewinnung von Abwärme
Récupération des chaleurs perdues
Sistema de recuperacíon de calor perdido
Industrial Driers, Ltd.

WEIGHERS
Waagen
Bascules automatiques
Pesadores
Avery, W. & T.
Boudard, H.
Denison, Saml., & Sons, Ltd.
Polysius, G., A.-G

THE CARRIER-RING FLEXIBLE COUPLING

A new all metal coupling giving wide range of flexibility and of great mechanical refinement; spring steel flexible medium consisting of bars, which are finished to close limits of accuracy by grinding.

DIE BIEGSAME KUPPLUNG MIT ZWISCHENTRAGER.

Eine neue ganz aus Metall bestehende Kupplung, die einen weiten Spielraum von Biegsamkeit und grosser mechanischer Verfeinerung besitzt. Das biegsame Material aus Federstahl besteht aus Stäben, die in engen Genauigkeitsgrenzen durch Mahlen fertiggestellt sind.

L'ACCOUPLEMENT FLEXIBLE A ANNEAU PORTEUR.

Un nouvel accouplement entièrement métallique, donnant une très large marge de flexibilité, et possédant une grande perfection mécanique. L'organe élastique, en acier à ressort, se compose de barres travaillées par meulage à un haut degré de précision.

EL ACOPLAMIENTO ELÁSTICO CARRIER RING.

Nuevo acoplamiento todo metálico, que permite amplio margen de flexibilidad, y es de una construcción mecánica sumamente perfecta; el elemento elástico consiste en barras de acero de resortes, acabadas por medio de la musla de rectificar hasta el límite de la precisión.

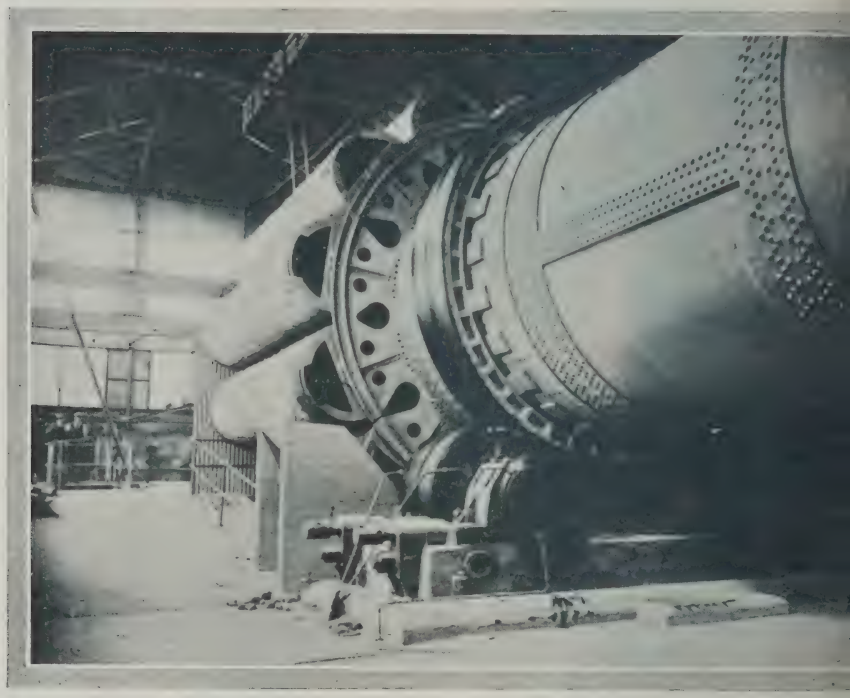
The POWER PLANT CO., LTD.

WEST DRAYTON, MIDDLESEX, ENGLAND.

TELEPHONE: WEST DRAYTON 71 (3 lines). TELEGRAMS: ROC. WEST DRAYTON.

VICKERS

CEMENT MAKING MACHINER



ROTARY KILNS, BALL MILLS, TUBE MIL
DRYERS, CRUSHERS, CRUSHING ROL
MIXERS, AGITATORS, ETC.

All Enquiries to Works:

BARROW-IN-FURNES

ARMSTRONGS LIMITED

The illustration shows one of three large Rotary Reflex Kilns fitted with Patent Recuperator, manufactured by Messrs. Vickers-Armstrongs, Ltd., Barrow-in-Furness. This Kiln has a total length of 326 ft., the diameter over the Recuperator Cylinders being 26 ft. 6 in.

This type of Kiln ensures the foundations and Buildings being of the minimum height, resulting in a saving in initial capital expenditure and a low exit gas temperature with low coal consumption.

Die Abbildung stellt einen von drei grossen Reflex-Drehöfen mit patentierter Wärmewiedergewinnung, der von der Firma Vickers-Armstrongs, Ltd., Barrow-in-Furness, hergestellt ist, dar. Dieser Ofen besitzt eine Gesamtlänge von 99,4 m, während der Durchmesser bei den Wärmewiedergewinnungsrohren 8,07 m beträgt. Diese Ofenart gewährleistet, dass Fundamente und Gebäude von minimalster Höhe sind, wodurch eine Ersparnis an anfänglicher Kapitalsanlage und niedrige Abgastemperatur mit geringem Kohlenverbrauch erzielt werden.

L'illustration montre un des trois grands Fours Rotatifs à Réflexion, équipé avec un récupérateur breveté, fabriqué par VICKERS-ARMSTRONGS Ltd, BARROW-in-FURNESS. Ce four a une longueur totale de 99m 33 le diamètre mesuré extérieurement aux cylindres récupérateurs étant de 8m.

Avec ce type de Four on est certain d'avoir des fondations et des bâtiments de hauteur minimum, d'où résulte une économie sur la dépense de première mise. On a aussi une moindre dépense de gaz et une plus faible consommation de charbon.

Tous renseignements sur les Usines
BARROW-in-FURNESS.
Siège Social
VICKERS HOUSE, BROADWAY, LONDON, S.W.1.

El grabado reproduce uno de tres grandes hornos rotatorios "REFLEX" provisto de Recuperador patentado, fabricado por los Sres. Vickers-Armstrong, Ltd., de Barrow-in-Furness, Inglaterra. Este horno tiene una longitud total de 99.43 m., siendo el diámetro por encima de los cilindros del recuperador de 8.08 m.

Este tipo de horno hace que los cimientos y edificios puedan ser de una altura mínima, suministrando una economía de inversión de capital y una baja temperatura en los gases de salida, con reducido consumo de carbon.
Diríjanse todas las solicitudes a los Talleres de
BARROW-in-FURNESS.
Oficinas:
VICKERS HOUSE, BROADWAY, LONDON, S.W.1, INGLATERRA.

Head Office:

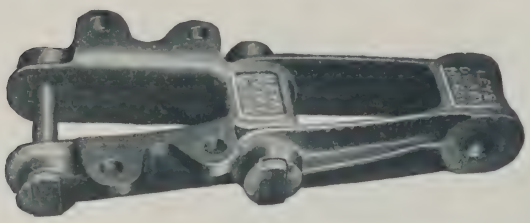
VICKERS HOUSE, BROADWAY, LONDON, S.W.1.

EWART'S CHAINS

CONVEYING & DRIVING

are to be found giving Unfailing Service in modern

CEMENT MANUFACTURING WORKS.



THE LEY BUSHED CHAIN.

OUR CHAINS ARE MADE OF LEY'S CELEBRATED "BLACKHEART" MALLEABLE IRON, OUTSTANDING FOR RELIABILITY AND STRENGTH.

EWART CHAINBELT COMPANY, LIMITED, DERBY, ENGLAND.

Specialists in the DESIGN and CONSTRUCTION of Conveying and Elevating Plant.

Telegrams: "Chainbelt, Derby." 'Phone: 139 Derby.

TRADE MARK REGISTERED

Associated with LEY'S MALLEABLE CASTINGS CO., LTD., DERBY.

500.000 H.P. IN 3 YEARS

this curve of our sales

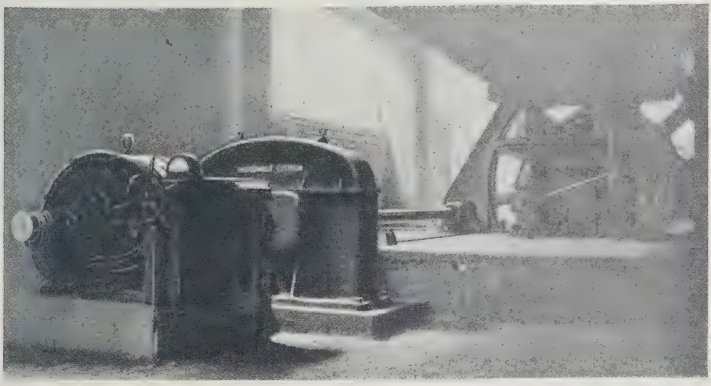
and our list of users

PROVE

THE ADVANTAGES OF OUR

CITROËN

STANDARD GEAR UNITS



CITROËN FLEXIBLE COUPLINGS

(BIBBY PATENT)

SOCIÉTÉ ANONYME DES ENGRENAGES **CITROËN** 31 QUAI DE GRENELLE PARIS

London Office : The Citroën Gear Co., Ltd., Brook Green, Hammersmith, W.6.

"Thiele"

SHAFT KILNS

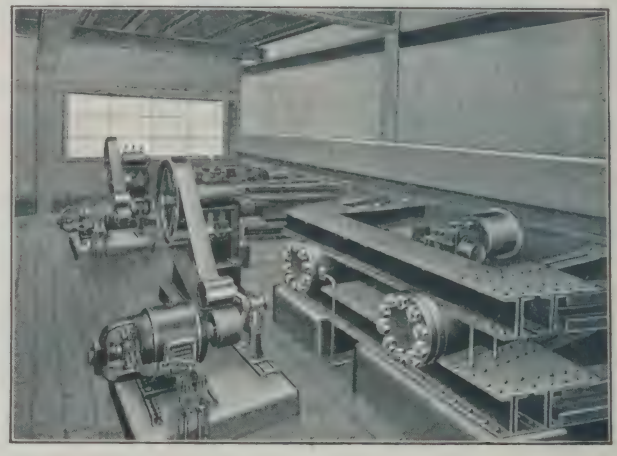
with hydraulic drive and operated according to the new Schwenk burning process, guarantee the highest economy by

(1) Smallest Fuel Consumption;

(2) Highest Output (more than 100 tons daily per 8ft. diameter kiln—strength of produced cement up to 11,000 lbs. per square inch).

(3) Minimum Height of the Kiln.

MOULDING PRESSES ARE NOT NEEDED

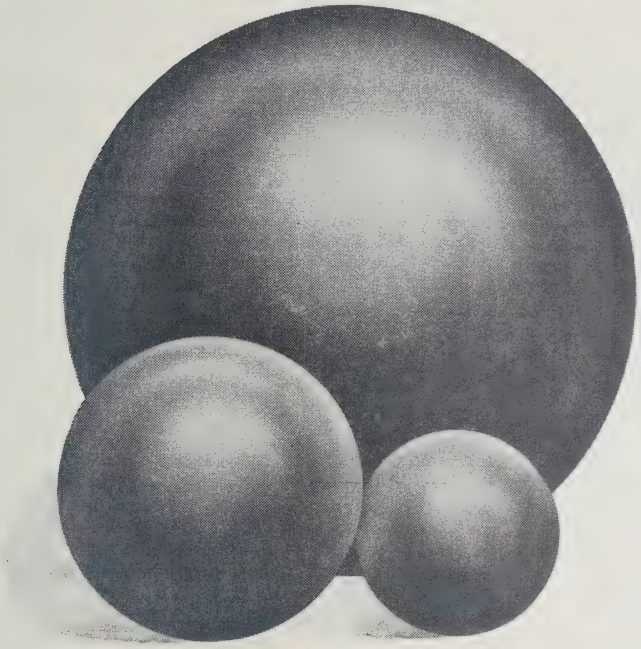


Hydraulic Drive of Four *"Thiele"* Shaft Kilns.

Apply for proposals; also for the reconstruction of existing shaft kilns to:

GEBR. PFEIFFER

BARBAROSSAWERKE A.-G.,
KAISERSLAUTERN (GERMANY).



"Stahlunion"
Forged Steel Balls

for all kinds of Grinding Mills, manufactured of steel of natural hardness in the most careful execution.

Geschmiedete Stahlkugeln
Marke "Stahlunion"

aus naturhartem Spezialstahl in sauberster Ausführung für alle Kugelmühlen.

Boulets en acier forgés
Marque "Stahlunion"

en acier spécial de dureté naturelle, exécution la plus soignée, pour tous broyeurs à boulets.

Bolas de acero forjado
Marca "Stahlunion"

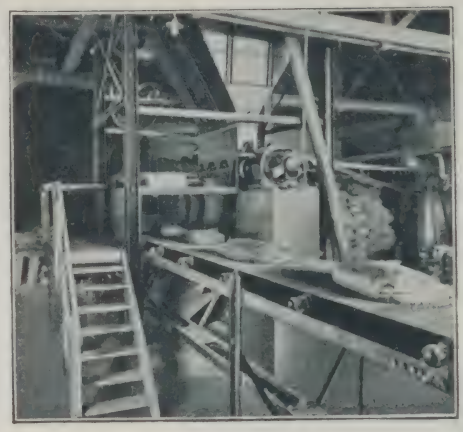
para todos los tipos de molinos de bolas, Acero de dureza natural, Ejecución esmerada.

VEREINIGTE STAHLWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
HÜTTE RUHRORT-MEIDERICH
DUISBURG—RUHRORT

Germany — Deutschland — Allemagne — Alemania

L. 1212/265
4025

Haver & Boecker Packmaschinen



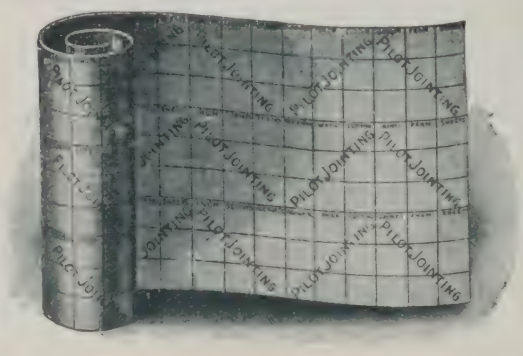
für automatische Ventilsack-Packereien
etwa 50 Neu-und Nachbestellungen in den letzten Monaten.

Automatic Packing Machines
for Valve Bags. About 50 additional orders within the last few months.

Ensacheuses automatiques
pour sacs à ventil. Environ 50 commandes supplémentaires dans les derniers mois.

Maquinas para empaquetar
para instalaciones automaticas de sacos de valvula. Approx. 50 nuevos pedidos en los ultimos meses.

Oelde 13 Westf.
DEUTSCHLAND.



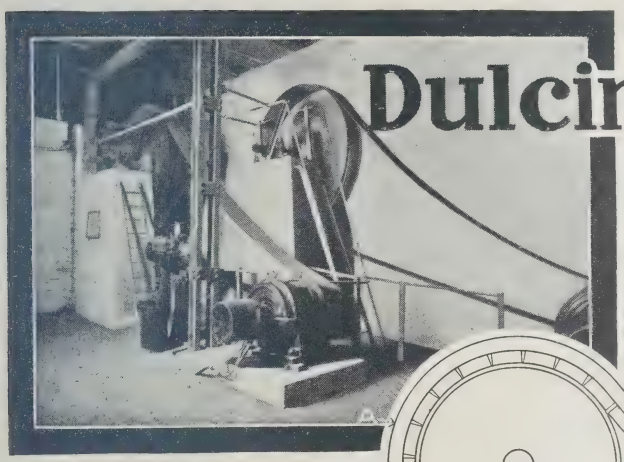
Pilot Jointing

FOR
ALL STEAM OR WATER PRESSURES, AMMONIA, ACIDS, OILS, ETC.

This compressed Asbestos Fibre Jointing has a tensile strength of
OVER 3 TONS PER SQUARE INCH.

For samples and full particulars apply :—

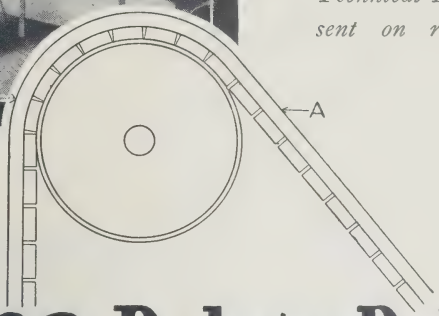
THE Beldam PACKING & RUBBER CO., LTD.,
Estd. 1876.
Head Office : **16, Gracechurch Street,**
Tel. No.: Mansion House 4771 (5 lines) **LONDON, E.C.3.** *Teleg. & Cables:* "Veepilot, London."
Branches and Agents throughout the World.



Dulcimer Belting
(Patent).

Technical Booklet sent on request.

Lincona Dulcimer Belts driving tube mills in a Cement Works.



Lincona Balata Belting

Modulus of stretch—60,000 lbs. per square inch.

Tested Mechanical Efficiency on a drive—98%.

JAMES DAWSON & SON LTD

Boultham Works LINCOLN

London Office 60 Victoria St S.W.1.

Belting Manufacturers Since 1880

BELTING AND ITS APPLICATION
By J. DAWSON, Junr., M.C., A.I.Mech.E.
[Published by Chapman & Hall Ltd.] Price 10/6, Post Free 11/0.

TO JAMES DAWSON & SON LTD. LINCOLN.

Please forward copy/copies *of the above on three days approval :—*

Name .....

Address .....

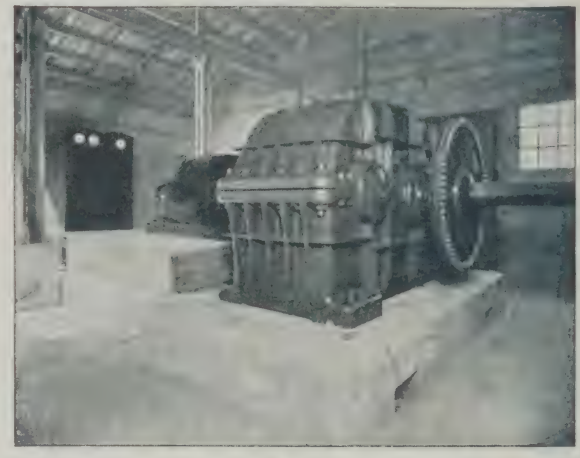
High ratio, enclosed, double helical precision reducing gears with shock-absorbing features on the »Uggla»-system

for

CO-AXIAL DRIVES

of grinding mills for

CEMENT, COAL, etc.



An installation at The British Portland Cement Co.'s Works at Wouldham.

Efficiency 97 % — Rapid amortization — Unsurpassed life
Upkeep nil.

LUTH & ROSEN
ELECTRIC Co., LTD.

75, VICTORIA STREET — LONDON S. W. 1

261

JOHN G. STEIN & CO., LTD.

BONNYBRIDGE

SCOTLAND

Fabricants de refractaires de qualité supérieure pour garnissage de fours rotatifs de cimenteries.

Nos briques refractaires de marque " Nettle " conviennent également bien pour les zones de refroidissement et de grillage au pur, et elles ont donné d'excellents resultats dans les cimenteries partout en Grande Bretagne.

Notre service technique est à votre disposition.

NOUS SOMMES LES FABRICANTS DE REFRACTAIRES LES PLUS IMPORTANTS DE L'EMPIRE BRITANNIQUE.

Fabrikanten eines hochwertigen feuerfesten Futters für Zementdrehöfen.

Unsere feuerfesten Steine Marke " Nettle " sind sowohl für die Kühl-wie Sinterzone des Ofens geeignet und haben sich in Zementfabriken Gross-Britanniens hervorragend bewährt.

Unsere technische Abteilung steht zu Ihrer Verfügung.

WIR SIND DIE BEDEUTENDSTEN FABRIKANTEN IM BRITISCHEN REICH.

Fabricantes de refractarios de alta calidad para revestimientos de hornos rotatorios de cemento.

Nuestros ladrillos refractarios, marca " Nettle," son muy adecuados, igualmente, para las zonas de refrigeración y de calcinación del horno, y han rendido servicio excelente en las fábricas de cemento de toda la Gran Bretaña.

Nuestro servicio técnico queda a su disposición.

SOMOS LOS MAYORES FABRICANTES DEL IMPERIO BRITÁNICO.

MANUFACTURERS OF HIGH GRADE REFRACTORIES FOR ROTARY CEMENT KILN LININGS

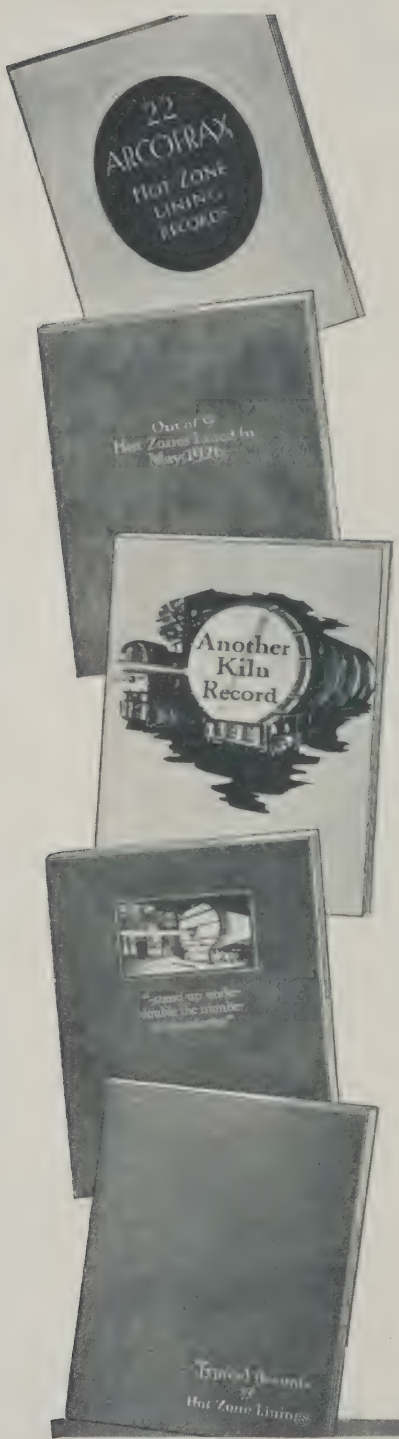
BRANDS.

DANDY
NETTLE
THISTLE
STEIN
JGS&CO
BLUEBELL
(95% Silica).

Our "Nettle" Brand Firebricks are very suitable for both the cooling and burning zones of the kiln and have given excellent service in cement works throughout Great Britain.

Our Technical Service is at your disposal.

We are the Largest Makers in the British Empire.



Hot Zone Lining Records like these with ARCOFRAX Brick

These are just a few instances of how ARCOFRAX High Alumina Brick have made actual money savings for many prominent cement plants throughout the world—by materially increasing the life of hot zone linings of rotary kilns. These folders give interesting details in actual figures. Send for copies and see for yourself the savings possible.

●

La garniture de la zone chaude se comporte toujours ainsi avec l'emploi des briques ARCOFRAX.

On n'a reproduit ici que quelques exemples des économies réalisées par l'emploi des briques ARCOFRAX, riches en alumine, dans de nombreuses cimenteries de premier ordre répandues dans le monde entier, par l'augmentation effective de la durée de la garniture de la zone chaude des fours rotatifs. Nos dépliants donnent d'intéressants détails à ce sujet, avec données numériques à l'appui. Demandez en quelques exemplaires, et rendez-vous compte des économies que vous pourriez réaliser.

●

Die Auskleidung der heissen Zone mit ARCOFRAX-Steinen ergibt folgendes :

Dieses sind nur einige wenige Beispiele, wie die hochtonerdehaltigen Arcofrax-Steine vielen hervorragenden Zementfabriken in der ganzen Welt dadurch Geld gespart haben, dass die Lebensdauer der Auskleidung der heissen Zone von Drehöfen erheblich gesteigert wurde. Diese Pläne liefern interessante Einzelheiten über tatsächliche Zahlenergebnisse. Verlangen Sie Nachdrucke und überzeugen Sie sich von den für Sie selbst in Frage kommenden Ersparnissen.

●

Resultados obtenidos en las zonas calientes con los revestimientos de ladrillo ARCOFRAX.

Éstos son algunos ejemplos de la manera cómo los ladrillos aluminosos ARCOFRAX han permitido realizar economías efectivas para muchas fábricas importantes de cemento en todo el mundo, prolongando materialmente la vida de los forros de las zonas calientes de los hornos refractarios. Estos folletos dan detalles interesantes a base de cifras reales. Pídanse ejemplares, y véanse personalmente las economías realizables.

GENERAL REFRACTORIES CO.,
106, South 16th Street,
PHILADELPHIA, PA., U.S.A.

Cement Manufacturers!

Send for particulars of our

STEEL CYLPEBS

Treated by patent process ensuring extreme hardness—which means long service.

EFFICIENCY WITH ECONOMY
in fine grinding by Tube-mill process.

HELIPEBS LTD.,
GLOUCESTER, ENGLAND.

¡Fabricantes de Cemento!

Pidan detalles de nuestros

CYLPEBS DE ACERO

Tratados por un proceso patentado que asegura una dureza extrema lo que equivale a larga duración.

RENDIMIENTO Y ECONOMÍA
en la molturación de acabado efectuada en molino tubular.

HELIPEBS LTD.,
Gloucester, Inglaterra.

Fabricants de Ciment!

Demandez-nous les caractéristiques de nos

CYLPEBS EN ACIER

Traités par un procédé breveté assurant une extrême dureté qui signifie un très long service.

RENDEMENT ÉLEVÉ AVEC ÉCONOMIE
dans la mouture fine par le procédé du Tube-Mill.

HELIPEBS LTD.,
Gloucester, Angleterre.

Zementfabrikanten!

Verlangen Sie Einzelheiten über unsere

STAHL-CYLPEBS MAHLKÖRPER

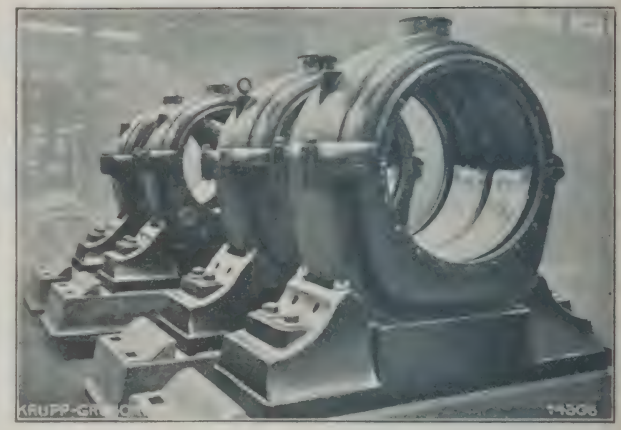
Nach patentiertem, ausserordentliche Härte gewahrleistendem Verfahren behandelt, das lange Lebensdauer bedeutet.

HOHER WIRKUNGSGRAD MIT SPARSAMKEIT
bei der Feinmahlung im Rohrmühlenprozess vereint.

HELIPEBS LTD.,
Gloucester, England.

THESE BEARINGS,

as illustrated, have unusually broad bearing surfaces, whereby the pressure per unit of area is relatively small. Automatic oil lubrication is provided for each bearing. Furthermore, as only the best materials are used in the construction of these bearings, the use of tyres and sets of bearing rollers, hitherto favoured for the Compound Tube Mills, and which did not tend to reduce the cost of manufacture, has in our latest design been successfully replaced by the simpler and more economical journal bearing.



CES PALIERS,

figurés ici, ont normalement de larges surfaces de portée, de sorte que la pression par unité de surface est relativement faible. Un dispositif de graissage automatique à huile est prévu pour chaque palier. De plus, comme on a utilisé uniquement les meilleurs matériaux dans la fabrication de ces paliers, l'emploi de jantes et de jeux de rouleaux, jusqu'ici en faveur pour les tubes mills (et qui ne tendent pas à réduire le prix de revient) a été remplacé avec succès, dans notre dernier système, par le palier à coussinets, plus simple et plus économique.

ESTOS COJINETES,

como se ve en la figura, tienen superficies extraordinariamente amplias, con lo cual, la presión por unidad superficial es relativamente baja. Cada uno de los cojinetes lleva lubricación automática con aceite. Además, como en la construcción de dichos cojinetes, solo se emplean materiales de primera calidad, este nuevo modelo sencillo y económico ha venido a substituir con ventaja el empleo de llantas de apoyo y cojinetes-rodillos, que era el sistema mas generalizado para los molinos tubulares combinados, dando por resultado una tendencia a reducir los costes de fabricación.

KRUPP GRUSONWERK

MAGDEBURG (Germany)

Sole Agents : **J. ROLLAND & CO., Abbey House, 2, Victoria Street, London, S.W.1.**

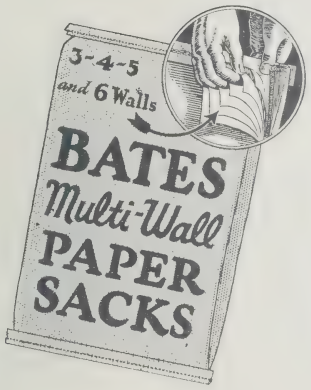
350,000,000

BATES MULTIWALL PAPER SACKS

(PATENTED)

WERE USED IN 1929.

RAIN-PROOF



STRONG

SIFT-PROOF

ECONOMICAL

THE IDEAL CONTAINER FOR CEMENT

Manufactured in 21 Countries of the World by Local Companies.

Licensed (except in U.S.A. and Canada) by:

BATES INTERNATIONAL BAG COMPANY,
48, Wall Street - - New York, U.S.A.

Licensees for Gt. Britain, Ireland, South Africa and India:

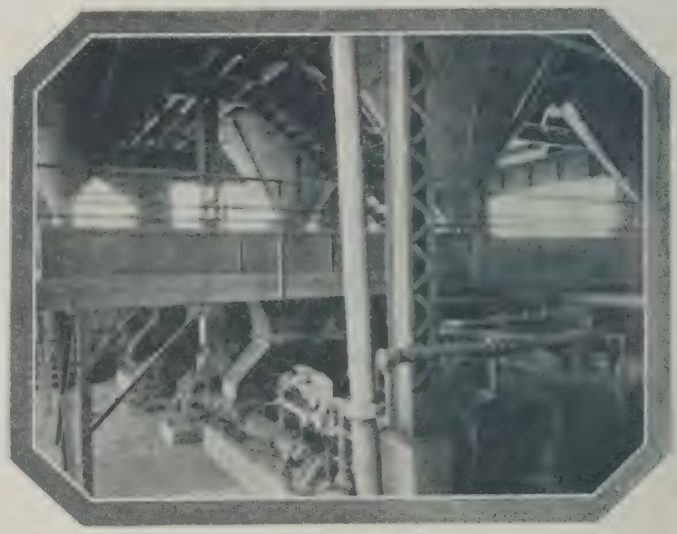
PAPER SACKS, LIMITED,
Keynsham, Somerset, England.

Conveying
Elevating
Distributing

FULLER-KINYON CONVEYING SYSTEM

Dry Raw Material
Blending-Box Car
Loading & Unloading
Boats and Barges

Provides for the handling of any dry pulverised materials to maintain the most efficient flow through a manufacturing process with timed automatic and remote control for blending, mixing and distributing operations from a convenient central point. An illuminated signal panel indicates the operation of the system to the operator, who can make the desired changes in the sequence of operation by push control.



Fuller-Kinyon Systems handling fines and tailings from Sturtevant Air Separators. The three pumps in the foreground are pumping raw material, the pumps in the rear finished cement. The vertical pipe line in the centre is delivering raw material from mills to separator bins.

The materials being handled include gypsum, bauxite, phosphate rock, sodium bicarbonate, raw and finished cement, alumina, pigments, hydrated lime, etc. .:. .:. *Write for complete information.*

Our engineers, experienced in handling pulverised materials, are at your service for suggesting simple solutions for your conveying problems.

E. CONSTANTIN

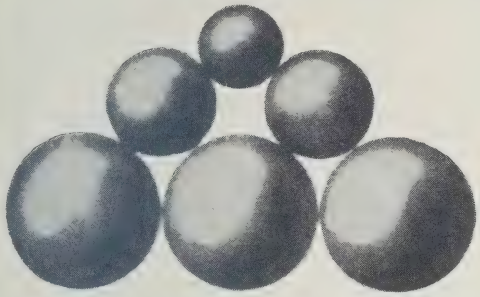
CIVIL ENGINEER,

105, RUE LAFAYETTE - PARIS.

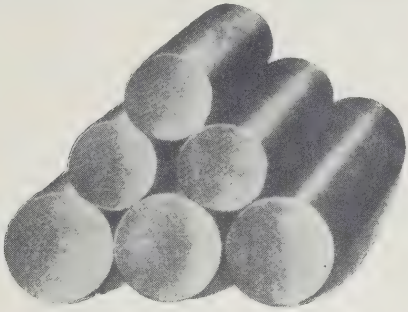
Telegrams: - - "Fullencoy, Paris."

Sole Licencee (except for pulverised coal) for England and France.

Patentees: The Fuller Company, Catasauqua, Penna., U.S.A.



Round Steel Balls.



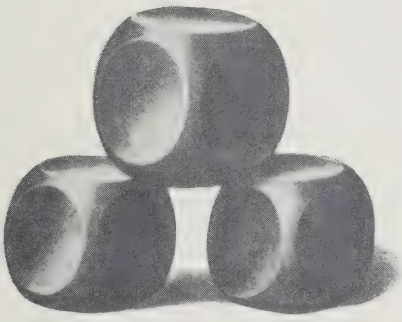
Cylindrical Grinding Media (Cylpebs).

IN ALL QUANTITIES AND SIZES.

THE MOST ACCURATELY DESIGNED GRINDING MEDIA WITH THE LONGEST LIFE.

Made from BEST HIGH-GRADE CARBON MANGANESE STEEL.

Patent Kordtballs.



Patent Fine Grinding Media (cube-shaped).

Increase the capacity of Raw, Wet, and Coal Mills and the Fineness of Cement by 25 to 50%. Made from

BEST CARBON MANGANESE STEEL and have the Longest Life of any grinding media.

Supplied as a Speciality for many years by—

KORDT & ROSCH Aktiengesellschaft

Wipperfürth (Rhld.) : : : GERMANY.

Telegrams: Korosch. Telephone: Sammelnummer 341.

Codes: A B C, 5th Edition. BENTLEY'S. RUDOLF MOSSE.

Important to Cement Manufacturers

By using

THE RIGBY PATENT SLURRY SPRAY PROCESS

you can obtain

20 to 25% Increased Production

15 to 20% Decreased Fuel Consumption

Also

Minimised Dust Trouble with the Patent Slurry Lute.

FULL PARTICULARS ON APPLICATION TO

INDUSTRIAL DRIERS LIMITED

36, VICTORIA STREET,
LONDON, S.W.1.

SOLE PROPRIETORS OF THE RIGBY PATENTS.

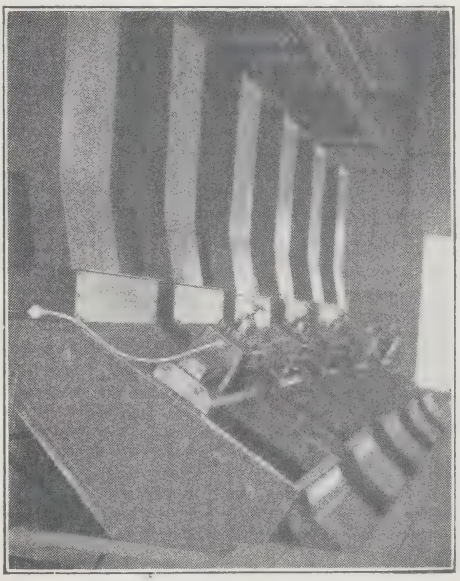
A High Efficiency Screen for the Cement Industry

HUM-MER SCREENS are operating in closed circuit with screen type ball mills (with the screens removed) producing 40% to 60% increase in preliminary capacity and about 30% increase in finishing capacity, with no increase in total power.

They are operating in closed circuit with high speed centrifugal mills (with the internal screen replaced by a very coarse heavy screen) to secure increases of 60% to 80% in preliminary capacity and 30% to 40% in finishing capacity, without increase in total power.

The Hum-mer Screen has no cams, eccentrics, or bearings, no unbalanced pulleys, and no lineshaft or motor drive is required at the screen: hence its reliability and ease of installation. No lubrication whatever is required.

Write for full particulars.



A battery of Hum-mer Screens in a Cement Plant.

MINING & INDUSTRIAL EQUIPMENT LTD
ASSOCIATED WITH — INTERNATIONAL COMBUSTION LTD

11, Southampton Row, London, W.C.1.
Works: Derby & Erith.

Telephone:
HOLBORN 7277 (3 lines).

Telegrams and Cables:
HARDRAYMIL, WESTCENT, LONDON.

IMPROVED 40" GIANT GRIFFIN MILL

30" GRIFFIN MILL

24" GRIFFIN MILL

BRADLEY 3-ROLL MILL

NEW HERCULES MILL

FOR PULVERIZING CLINKER, LIMESTONE, SHALE, COAL (FOR CEMENT MANUFACTURE) AND OTHER HARD AND REFRACTORY MATERIALS.

IMPROVED 40" GIANT GRIFFIN MILL.

NEARLY FOUR THOUSAND SOLD.

MANUFACTURED BY:

BRADLEY PULVERIZER COMPANY

37, WALBROOK, LONDON, E.C.4

:: Telephone: - - - MANSION HOUSE 6084. ::

:: Telegrams: "EQUESTRIAN CANNON, LONDON." ::

BULK SAMPLES TESTED IN OWN LONDON DEMONSTRATION PLANT.

HOW MONEY IS SAVED ON

FORMWORK

Some appreciations from users of "DESIGN AND CONSTRUCTION OF FORMWORK FOR CONCRETE STRUCTURES," by A. E. WYNN, B.Sc., A.M.Am.Soc.C.E. 320 pp. 171 Illustrations. Gives complete designs for Formwork for every type of concrete structure, from simple footings to arch bridges, with tables from which sizes and quantities of timber for any type or size of construction may be seen at a glance. Published by Concrete Publications, Ltd., 20, Dartmouth Street, London, S.W.1. Price 20/- (postage 9d. extra):—

From **J. & W. STEWART, Contractors, LONDON.**

"This appears to be one of the most comprehensive books ever published on formwork. The constructions suggested are simple, and should prove very economical. There are a number of useful tables which should enable shuttering to be speedily designed, as it appears that calculations can be entirely done away with. The author has not only dealt with design, but gives the benefit of his obviously extensive experience in actual construction."

From **THE YORKSHIRE HENNEBIQUE CONTRACTING CO., LTD., DUNDEE.**

"We consider this book very useful indeed, especially to contractors, engineers, and foremen. Chapters I and II on formwork generally, are of valuable interest to all who have to do with reinforced concrete work."

From **ROBERT COLHOUN, Builder, LONDONDERRY.**

"This book should be in the hands of every builder and contractor, and it should also be a text book in technical schools. I have obtained much useful information from it which has helped to simplify the construction of shoring and temporary work. The section dealing with costs seems very satisfactory and quite within the experience of actual fact."

From **J. B. JOHNSON & CO., Builders, LIVERPOOL.**

"We consider this publication a very comprehensive work which should be studied by all concrete contractors. The portion devoted to the theory and design of strength of centreing is especially valuable."

Write for Detailed Prospectus.

We guarantee

a Fuel-Consumption of

100000 calories

per 100 kilogrammes of well-burnt clinker, corresponding to *14·3% of Standard coal (12500 B.T.U.) by weight of clinker.*
This is achieved with our—

Garantizamos un consumo de calor de **100000 Calorias** =13,33 kgs carbon de 7500 calorias para 100 kgs de clinker de cemento Portland bien cocido con nuestro horno

Lepol

Kiln, patented, working by the Polysius - Lellep process.

Patentes alemanas y extranjeras, segun el procedimiento Polysius - Lellep.

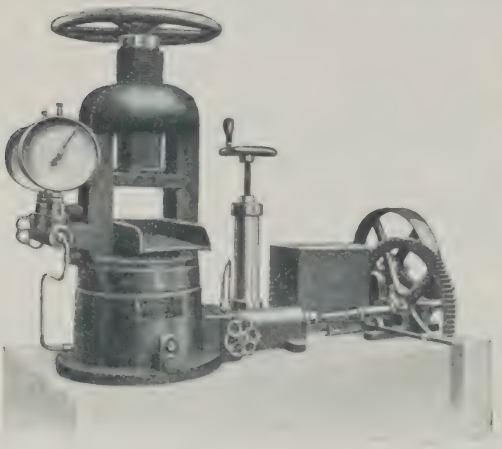
POLYSIUS

G. Polysius Aktiengesellschaft, Dessau (GERMANY / ALEMANIA)

Representative in the United Kingdom :
F. E. SCHMITT, A.M.I.Mech.E.,
175, Windsor House, LONDON, S.W.1.

Representantes exclusivos en España :
BASSO & WEISSE,
Calle de Paris 85, BARCELONA.

Cement Testing Machines



Machines pour éprouver le ciment

Zementprüfmaschinen

Maquinas para ensayos de cementos

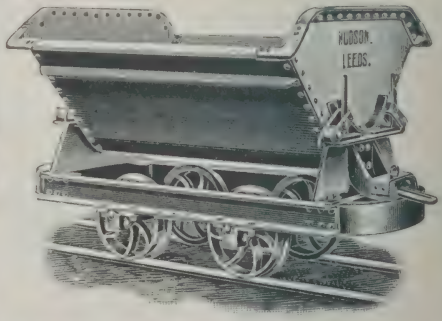
OSCAR A. RICHTER

Guterbahnhofstr. 8
DRESDEN-A.1

Hudson RAILWAY Material

BUY YOUR WAGONS FROM THE ACTUAL MAKERS

SAVE ON YOUR FIRST COST—GET BETTER SERVICE



HUDSON'S QUARRY TIPPING WAGONS

are specially constructed to stand rough usage. For over 60 years Hudsons' have specialised in the manufacture of Wagons of every description. Also

TRACK AND ALL ACCESSORIES, STEAM, DIESEL & PARAFFIN LOCOS.

WRITE FOR CATALOGUE.

LONDON: SUFFOLK HOUSE, CANNON STREET, E.C.4.

ROBERT HUDSON LTD.
38A BOND ST., LEEDS
Works: GILDERSOME FOUNDRY, near LEEDS.
Telegrams & Cables (all offices): "RALETRUX."

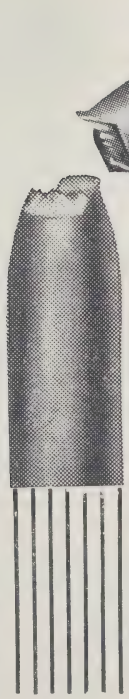
Also at Johannesburg, Durban, Salisbury, Bulawayo, Beira, Lourenco Marques, Lobito, Mauritius, Singapore, Cairo and Calcutta.

Paper Sacks *for* Cement

Made from British Kraft Paper specially manufactured for Cement Sacks. Open-mouth or valved style, suitable for all Valve Filling Machines.

Printed in one or two colours.
Reinforced, stapled and glued for additional strength.

Colthrop Board and Paper Mills, Ltd.,
Larkfield ∴ *Nr. Maidstone* ∴ England.



AVERY
TESTING
MACHINES

Untested raw material swells your scrap heap and endangers your profit! Prevent this waste . . . TEST

There is an Avery Testing Machine for every kind of mechanical test, in every kind of business. Write for literature F4b dealing with Avery Cement Testing Machines to W. & T. Avery, Ltd., Soho Foundry, Birmingham, England.

BOOKS ON CONCRETE

FORMWORK.

A volume that should be in the hands of all concerned with construction in concrete has been written by Mr. A. E. Wynn, B.Sc., A.M.Am.Soc.C.E., a well known specialist in all classes of concrete and reinforced concrete structures. The book, **"Design and Construction of Formwork for Concrete Structures,"** gives the benefit of the author's very wide experience and specialist knowledge on the subject of formwork in such manner that it can readily be applied to any job. Tables are given setting out sizes of timber for all spans and loads; complete designs are given for formwork for every conceivable type of concrete structure, from simple footings to skyscrapers and arch bridges; there are tables from which quantities of timber required for any structure can be seen at a glance; it is, in fact, one of the few volumes that can be truly called "indispensable" to any builder. As *Engineering* said in a long review: "If Mr. Wynn's advice and recommendations are followed the prices derived from the factors given can be used with confidence when assessing the cost of formwork." *The Builder* said: "No contractor can afford to be without this important volume on a subject that has been too long neglected." This volume contains 320 pages, 219 illustrations (working drawings and photographs), 12 folders of complete formwork designs for large structures—these are in addition to the designs given in the text—and 11 design tables from which sizes and quantities can be seen at a glance. Details of cost are given with all designs. *Price* 20*s.*; *by post*, 20*s.* 9*d.*

CONCRETE PRODUCTS.

"Concrete Building and Concrete Products."—A monthly journal for builders in concrete and manufacturers of concrete products and cast stone. *Send for specimen copy. Price* 4*d. monthly.*

COTTAGE CONSTRUCTION.

"Concrete Cottages, Bungalows and Garages," by Albert Lakeman, L.R.I.B.A., M.I.Struct.E. gives designs for concrete cottages, bungalows and garages of different types, with perspective drawings, plans, sections, full working drawings, bills of quantities, and all the information necessary to erect those structures at the very lowest cost. (Second Edition). *Cloth Binding*, 5*s.*; *Paper Covers*, 3*s.* 6*d.* (*postage* 6*d. extra*).

GUIDE TO REINFORCED CONCRETE.

Every builder, student, clerk of works and foreman should have a copy of **"Elementary Guide to Reinforced Concrete,"** by Albert Lakeman, L.R.I.B.A., M.I.Struct.E. (late Lecturer at Woolwich Polytechnic), which explains the principles of reinforced concrete construction in such simple language that it can be understood by a reader with no previous knowledge of the subject whatever. (Fifth Edition.) *Price* 2*s.*

CONCRETE FOR BUILDERS.

"Concrete Construction Made Easy," by Albert Lakeman and Leslie Turner, gives complete designs for a wide range of structures, with table and clear diagrams, from which the builder with no previous experience can erect reinforced concrete structures. (*Just published. Price*, 3*s.* 6*d.*; *by post*, 4*s.*).

CONCRETE FACTORY OPERATION.

"Pre-cast Concrete Factory Operation" gives full illustrated descriptions of the methods, materials and plant used in twenty of the leading English factories producing pre-cast concrete of every description, from architectural cast stone to roofing tiles. *Price* 3*s.* 6*d.*; *by post*, 4*s.*

REINFORCED CONCRETE BEAMS.

Dr. Oscar Faber's work, **"Reinforced Concrete Beams in Bending and Shear,"** is an exhaustive treatise on the subject, and contains new rules and formulæ which have a scientific basis and may be conveniently used by engineers. *Price* 9*s.* (*postage* 6*d. extra*).

HANDBOOK, DIRECTORY, CATALOGUE.

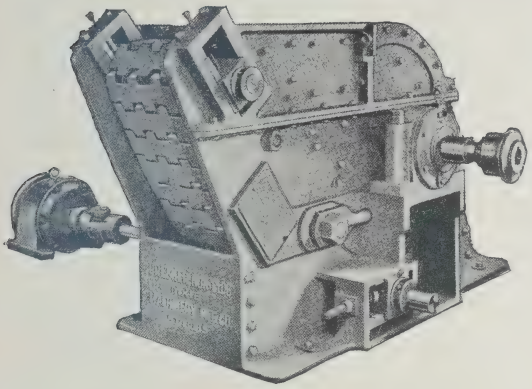
"The Concrete Year Book," edited by Dr. Oscar Faber, O.B.E., D.Sc., M.Inst.C.E., and H. L. Childe, is a handbook, directory and catalogue of the concrete industry. Only a few copies of the 1930 edition (684 pages) now left. Order now to avoid disappointment. *Price* 3*s.* 6*d.*; *by post*, 4*s.*

Detailed Prospectuses sent on Request.

CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,

20 DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1

Enormous crushing capacity even under unfavourable conditions



DIXIE NON-CLOG HAMMERMILLS

will give full capacity when crushing wet and sticky materials without extra labour or power. All crushing surfaces of Manganese Steel. Write now for illustrated booklet.

DIXIE NON-CLOG HAMMERMILLS

donneront le rendement maximum en concassant des matières mouillées et collantes sans main d'œuvre ou force motrice supplementaire. Toutes les surfaces de concassage en acier-manganèse. S'adresser pour brochure illustrée.

Capacité de concassage la plus énorme même sous des conditions défavorables

Dixie Machinery Manufacturing Company, St. Louis, Missouri.

BRITISH & FOREIGN MACHINERY CO., LTD.,

148, Leadenhall Street, London, E.C.3. *Telephones:* Avenue 8266/8277.

KRAFT means STRENGTH!

1ST Class KRAFT-PAPER SACKS

OBTAINABLE AT AN ECONOMICAL PRICE FROM

KRAFT SACKS, Ltd.

FACTORY — Midsomer Norton, Somerset.

ENQUIRIES TO SALES OFFICE:

KRAFT SACKS, Ltd,

THE CLOCK HOUSE,

ARUNDEL ST., LONDON, W.C.2.

Telephone: TEMPLE BAR 3731.

PATENTEES of the **Double-Valved** SACK, highly efficient in FILLING AND CLOSURE.

Patent GRIPOLY BELTING

GRIPOLY BELTING
Registered Trade Mark.

THE BELT WITH UNIQUE GUARANTEES

WHEREVER IT GOES THE GUARANTEES GO WITH IT

MAKERS OF GRIPOLY CONVEYOR AND ELEVATOR BANDS — ALSO DESIGNERS AND MAKERS OF CONVEYING AND ELEVATING PLANT

PATENT GRIPOLY BELTING

is made from Hair Yarns, guaranteed and independently certified to be 100% PURE GENUINE CAMEL HAIR. The Result is a Super Belt famous for high efficiency, durability and economy.

Patentees and Sole Manufacturers :

LEWIS & TYLOR, LTD.

Gripoly Mills, CARDIFF and 9, St. Thomas' St., LONDON, S.E.1

Branches at Manchester, Glasgow, Sunderland, Swansea, Calcutta, Bombay, Buenos Aires.
Service Depots and Agencies throughout the World.

Sole Manufacturers of "UNDERWRITER" Super Fire Fighting Hose.

Las correas "GRIPOLY" se hacen de pelo, garantizándose y certificándose independientemente que contienen un 100% de PELO DE CAMELLO PURO Y LEGITIMO. Como resultado se obtiene una clase de correa superior, famosa por su alto rendimiento, duración y economía.

La correa para transmisiones de fama mundial, hecha con pelo, con un 100% garantizado de PELO DE CAMELLO PURO Y LEGITIMO.

Les courroies "GRIPOLY" sont fabriquées avec des fibres d'origine animale, garanties et certifiées être de PURS POILS DE CHAMEAU NATURELS, sans aucun mélange. On a réalisé ainsi une super-courroie, réputée pour son rendement élevé, sa durabilité, et son économie.

Der "Gripoly"-Treibriemen ist aus Haargarn hergestellt, das aus reinem, 100%-igem Original Kamelhaar besteht. Das Resultat ist ein hochwertiger Treibriemen, der wegen seiner grossen Leistung, Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit berühmt ist.

"CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"
VOL. III, No. 6. JUNE, 1930.

Published by Concrete Publications, Ltd., 20, Dartmouth Street, London, S.W.1, England.

LEADING CONTENTS

	Printed in English. Page.	Editada en Español. Pág.	In Deutsch Gedruckt. Seite.	Publie en Français. Page.
Some Writers on Cement	805	—	—	—
Revue bibliographique	—	851	—	—
Buchbesprechung	—	—	875	—
Revista bibliográfica	—	—	—	899
Henry Le Chatelier	807	—	—	—
Henry Le Chatelier	—	852	—	—
Henry Le Chatelier	—	—	876	—
Henry Le Chatelier	—	—	—	900
New Spanish Specifications for Cements	808	—	—	—
Le nouveau cahier des charges Espagnol pour les fournitures de ciment	—	846	—	—
Die neuen Spanischen Zementnormen	—	—	870	—
Nuevas normas españolas para los cementos. Por Ad. Margarit	—	—	—	894
Crushing and Preliminary Grinding in Portland Cement Manufacture. By A. C. Davis, M.Inst.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.	813	—	—	—
Le concassage et le broyage préparatoires dans la fabrication du ciment portland. Par A. C. Davis	—	841	—	—
Brechen und Vormahlen bei der Herstellung von Portlandzement. Von A. C. Davis	—	—	865	—
La trituración y molturación preliminar en la fabricación del cemento Portland. Por A. C. Davis	—	—	—	889
Meeting of the German Portland Cement Manufacturers' Association	822	—	—	—
La réunion de l'Association des Fabricants de Ciment Portland Allemands	—	854	—	—
Die Versammlung des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten	—	—	878	—
La asamblea de la Asociación de Fabricantes Alemanes de Cemento Portland	—	—	—	902
A Modern German Cement Works	828	—	—	—
Une cimenterie Allemande moderne	—	860	—	—
Ein modernes deutsches Zementwerk	—	—	884	—
Una fábrica Alemana moderna de cemento	—	—	—	908
La fabricación de cemento en España. Por Julián Gil Montero	—	—	—	912
Notes from the Foreign Press. By J. W. Christelow, B.Sc.	837	—	—	—

BABCOCK & WILCOX BOILERS, WITH ECONOMISER AND INDUCED DRAUGHT FAN, UTILISING WASTE HEAT FROM ROTARY CEMENT KILN.

"BABCOCK" WATER TUBE BOILERS

FOR MAXIMUM EFFICIENCY IN THE UTILISATION OF WASTE HEAT FROM CEMENT KILNS

Special Brochure on Application to

BABCOCK & WILCOX LIMITED

BABCOCK HOUSE, FARRINGDON ST., LONDON, E.C.4.

Principal Works: RENFREW, SCOTLAND. Branch Offices Throughout the World.

RYTAD.

A. L. CURTIS

Telegrams & Cables: WESTMORLAB, CHATTERIS."

CONSULTING ENGINEER AND MINERALOGIST,

National Telephone No. 61, CHATTERIS

ESTABLISHED 1906

WESTMOOR LABORATORY,

P.O. Box 61.

CHATTERIS - - ENGLAND

HIGH ALUMINA BLOCKS.

HOPE CEMENT WORKS

(G. & T. EARLE, LTD.)

ROTARY KILNS AT THESE WORKS ARE LINED IN THE BURNING ZONES WITH **CURTIS HIGH ALUMINA BLOCKS.**

CURTIS BLOCKS COAT EASILY.
DO NOT SPALL (the surface does not break up, or disintegrate, when heated) AND POSSESS LONG LIFE.

Sufficient Blocks for practical trial supplied Free on receipt of full details.

VISCO-BETH
DUST COLLECTORS

will greatly increase the capacity of Cement and Coal Mills; they prevent waste in the Crushing House, and allow operatives to work under decently clean conditions.

The installation of an efficient Dust Collecting plant makes a great difference to the appearance of a Cement Works, both inside and outside. *Consult us now!*

"VISCO"
ENGINEERING CO. LTD.
162 GROSVENOR ROAD, LONDON, S.W.1

E.I.H.

Fig. 5062

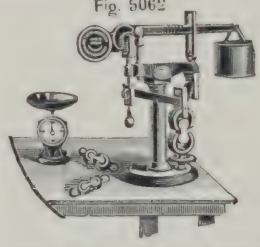
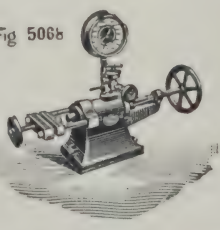
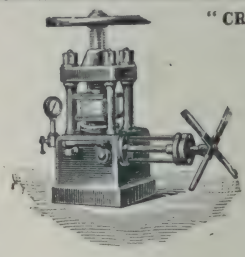


Fig. 5068





"CRUSHING" TO 12 60 150 200 and 300 Tons.

"TENSILE" to British Standards. "CRUSHING" to 4 Tons.

BAILEY'S CEMENT TESTERS
TENSILE & CRUSHING.

CEMENT & GROUT PUMPS, HAND OR POWER.

SIR W. H. BAILEY & CO., LTD., ALBION WORKS, SALFORD, MANCHESTER.

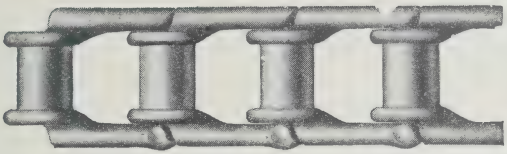
RICHARD K. MEADE & CO.
CONSULTING ENGINEERS TO THE CEMENT INDUSTRY.

10 W. CHASE STREET, BALTIMORE, Md., U.S.A.

Design, Construction and Appraisal of Plants for the Manufacture of Cement, Lime and Plaster

More recent work:—National Cement Co. (3,000 bbls. daily), Montreal, Que., Canada; Keystone Portland Cement Co. 3,000 bbls.), Bath, Pa; Standard Lime & Stone Co. (1,200 bbls.), Martinsburg, W. Va.: Republic Portland Cement Co. (3,000 bbls.), San Antonio, Texas; Raymon Ferreyra (240 tons hydrated lime), Cordoba, Argentine.

"B.B." CHAINS



"B.B." Ewart Chains.

Working loads up to 2,000 lbs. Generally used for light drives. Also for Elevators and Conveyors of light and medium capacity.

MANY OTHER TYPES ALSO MADE.

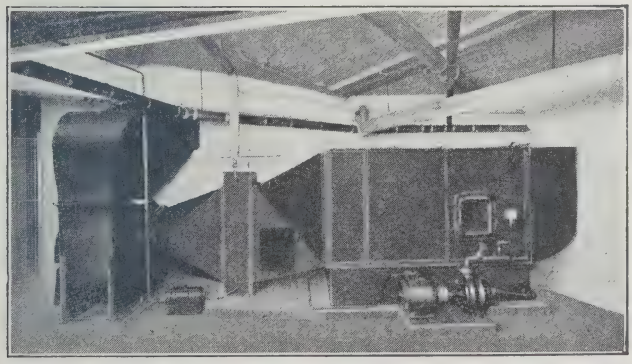
BAGSHAWE

DUNSTABLE. & Co., Ltd.

C.M.18.

TRADE SIROCCO MARK

AIR CONDITIONING PLANTS



for the Ventilation of Buildings.

Sirocco Air Conditioning Plants for the ventilation of buildings provide a constant circulation of pure fresh air —adequate in volume, and of just the right quality as to temperature and moisture content to ensure comfortable and hygienic conditions —and always under perfect control.

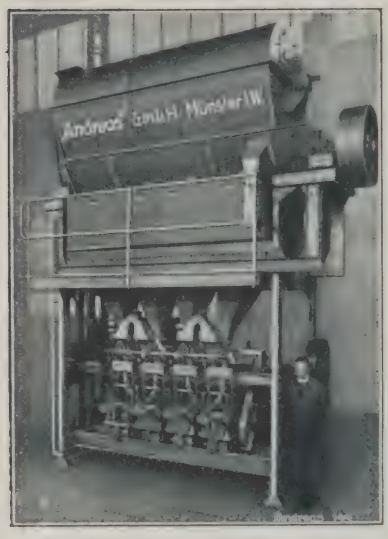
DAVIDSON & COMPANY, LIMITED.

SIROCCO ENGINEERING WORKS, :: BELFAST, IRELAND.

LONDON, MANCHESTER, GLASGOW, BIRMINGHAM, CARDIFF, NEWCASTLE, BRISTOL.

ANDREAS

We are exhibiting at THE INTERNATIONAL EXHIBITION at Liège. — Stand No. 201/I — Hall of Metallurgy.



VALVE BAG PACKING MACHINE

(Pat. pend. in all principal countries)

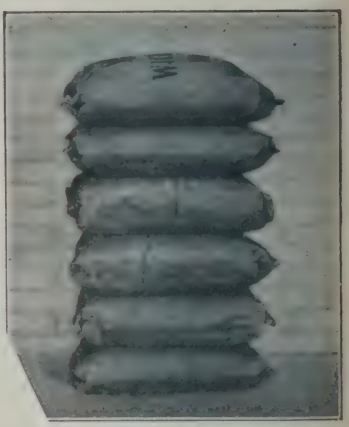
SAVES £1,600 in ONE YEAR

We can give definite proof that one of our machines has packed 4,000,000 sacks without damage in one year at a saving in paper of 1d. per 10 sacks. This makes a saving of £1,600, or more than the cost of the machine.

OTHER ADVANTAGES ARE:

Ordinary Valve Bags.

(1) First gauge valve packing machine.
(2) Saving in power. The power required is about 7 h.p., and no special transmission drive is necessary.
(3) No unnecessary turning over of materials.
(4) Less waste, as no thickening or blocking occurs under pressure.
(5) The only machine with an automatic detacher for the sacks.
(6) Exact weight guaranteed.
(7) Output up to 900 sacks per man per hour.



Sacks packed in the Andreas Machine showing a saving of about 4-in. of paper per sack.

ANDREAS ENGINEERING AND CONSTRUCTION Co., Ltd.

MUNSTER, WESTPHALIA, GERMANY.

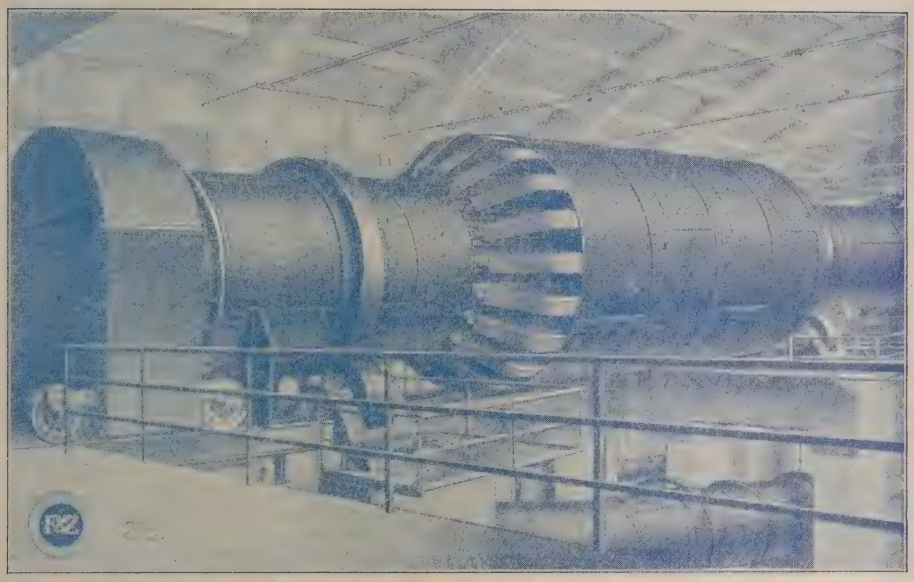
DESIGNERS AND CONSTRUCTORS OF COMPLETE CEMENT PLANTS.

We specialise in plant of every kind for Cement Works including :—ANDREAS High Duty Rotary Kilns; ANDREAS Stone Crushers; ANDREAS Compound Mill; ANDREAS Rapid Cooler; Vibro - Conveyor (Schenck - Heymann); High - Capacity Shaft Kilns.

FELLNER & ZIEGLER

Aktiengesellschaft

FRANKFORT
ON MAIN-WEST.



ROTARY KILNS OF GREAT EFFICIENCY

provided with our patented enlarged calcining zone.

COMPLETE INSTALLATIONS FOR CEMENT WORKS

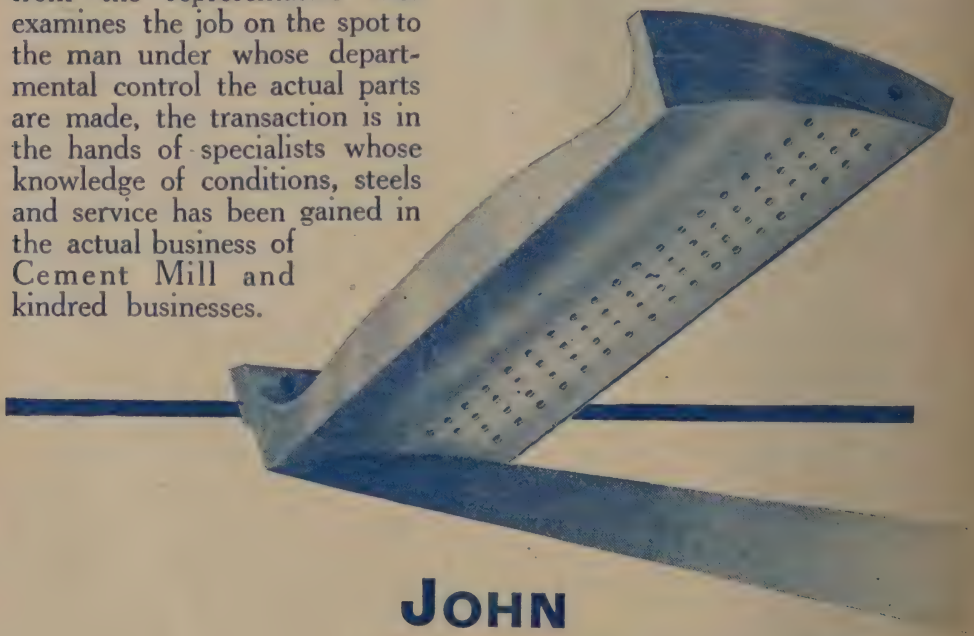
Sole Representatives for the United Kingdom:
J. DARNLEY TAYLOR & CO., LTD., Engineers,
Cecil Chambers, Strand - - **London, W.C.2.**

Telephone No.: Temple Bar 7358. Telegrams: "Idryall, Rand, London."

GRINDING PLATES

IN an age of Specialists, enquiries for Cement Mill and Crusher Parts are best dealt with by specialists. The success of this Company's association with the problems surrounding the supply of special Alloy Steels and Alloy Steel replacement Castings is largely due to the fact that, from the representative who examines the job on the spot to the man under whose departmental control the actual parts are made, the transaction is in the hands of specialists whose knowledge of conditions, steels and service has been gained in the actual business of Cement Mill and kindred businesses.

Write for further details of Brown's Castings for Grinding, Pulverising and Cement Mills. Their experience is at your disposal for the asking.



JOHN BROWN

& COMPANY LIMITED

ATLAS WORKS - - SHEFFIELD

Published by CONCRETE PUBLICATIONS, LTD., 20, Dartmouth Street, London, S.W.1, England.
Printed by THE PREMIER LINOTYPING AND PRINTING CO., LTD., Ray St., London, E.C.1, England.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 042415585